



TARTU RIIKLIK ÜLIKOO L

ANORGAANILISE KEEMIA KATEEDER

MÕNINGA KEEMIA TEE MA

PROGRAMMEERITUD ÕPETAMISEST

7. KLASSIS

Diplomitöö

Teostaja: Tõldsepp, Arne  
TRÜ keemiaosakonna  
V kursuse üliõpilane

Juhendaja: Tani, Raimond  
TRÜ anorg. keemia kateed-  
ri van.- õpetaja

Tartu 1965.

## S i s u k o r d .

Sissejuhatus .....	lk. 3
I Kirjanduslik osa	
Küberneetika ja õppeprotsessi juhtimine .....	lk. 7
Programmeeritud õpetamise printsiibid .....	lk. 10
Õpetamisprogrammid ja nende liigitus .....	lk. 15
Õpetamisprogrammide koostamise põhiastepid ...	lk. 24
II Eksperimentaalne osa	
Õpetamisprogrammi koostamine .....	lk. 26
Pedagoogilise eksperimendi läbiviimine .....	lk. 48
Programmeeritud õpetamise tulemustest ja efektiivsuse arvutamisest .....	lk. 53
Kokkuvõte .....	lk. 63
Resümees .....	lk. 65
Kasutatud kirjandus .....	lk. 68
Lisa .....	lk. 73

## S i s s e j u h a t u s .

Laialdasemalt kui ükski eelnenud ühiskondlik epohh on kaasaeg püsitanud nõude inimproduktiivsuse tõstmiseks kõigil elualadel, olgu see tootmine, transport, rahvamajanduse juhtimine, teaduslik tegevus või mõni muu valdkond. Sellest üldsuunast ei saa jääda kõrvale ka haridussüsteem. NLKP programmis öeldakse: "Kommunismile üleminekuks on tarvis kasvatada ja ette valmistada kommunistlikult teadlikke ja hea haridusega inimesi, kes on suutelised tegema nii füüsilist kui ka vaimset tööd, aktiivselt tegutsema mitmesugustel ühiskondliku ja riikliku elu aladel, teaduse ja kultuuri valdkonnas." Sotsialistlik riik kulutab haridusele miljardeid; pole raske kujutleda, millist rahvamajanduslikku efekti annaks kas või mõneprotsendiline õpetajate töövõime tõstmine või õppeaja lühenemine, rääkimata sellest kasust, mida annab õpetamise kvaliteedi tõus. tööle asuvate spetsialistide parema ettevalmistuse näol. Nõukogude kooli kõikide lülide ees, alates algkoolist ja lõpetades kõrgemate õppeasutustega, seisab ülesanne täiustada õppeprotsessi (29).

Vaatleme lähemalt objektiivseid põhjusi, mis muudavad õpetamismeetodite täiustamise vajaduse veelgi pakilisemaks. Kõigepealt vastuolu järjest suureneva teadmiste mahu (tänu tehnika ja teaduse arengule) ja eksisteeriva õppeaja vahel. See vastuolu pole uus, vaid tekkis juba vanal ajal, kui alles algas mõningate matemaatika, astronoomia ja füüsika alaste teadmiste kujunemine spetsiaalseteks teadusteks. Esi-

meseks selle vastuolu efektiivseks lahenduseks oli spetsialiseerumine (41). Seoses teaduste edasise arenemisega kandus see vastuolu iga spetsiaalse teaduse valdkonda.

Eeldoodud vastuolu lahendamine on kerkinud ka tänapäeval teravalt päevakorda. Üheks võimaluseks oleks pikendada eksisteerivat õppeaega. See võimalus aga langeb ära võttes arvesse, et õppeaeg on niigi pikk; kõrgema hariduse lõpetamiseni kulutab inimene oma elust keskmiselt 16 aastat ning lülitub alles 23 - 24-aastasena täie jõuga ühiskondlikku tootmisprotsessi (49). Seda piiri veelgi ülespoole nihutada on lubamatu; vastupidi - meie püüdeks peaks olema õppeaega lühendada. Järelikult tuleb asuda olemasolevate õpetamismeetodite järelevaatamisele. Põhilised olemasolevate õpetamismeetodite puudujäägid, millised segavad selle vastuolu lahendamist, on nõukogude teadlaste ja pedagoogide arvates järgmised (17):

1. Keskmise, üldine materjali õppimise tempo, mida reguleerib õppeplaan.
2. Ainus, rangelt õppeprogrammidega kindlaks määratud keskmine teadmiste maht, mis tuleb omandada erinevate võimete, kalduvuste ja huvidega õpilastel.
3. Suurt erikaalu omavad teadmised, mida õpilased saavad valmis kujul, ilma iseseisva tööta ja mis viib mõtlemisprotsessi passiivsusele.
4. Peaaegu täiesti puudub õpetajal ülevaade teadmiste omandamise käigust. Praegune kontrollisüsteem ei anna õpetajale objektiivseid andmeid materjali omandamise protsessi kohta, paremal juhul informeerib õpetajat ainult selle protsessi resultaatidest.
5. Tunnetusliku aktiivsuse mitteküllaldane stimuleerimine.
6. Suuliste materjali esitusmeetodite domineerimine loob eeldused tähelepanu hajumiseks.
7. Iseseisev töö eksisteerivate õpikutega on rasken-

datud küsimuste ebatäpsuse, iga teema mahuka kirjelduse, mitte just range loogika jne. tõttu.

Kõigi nende puuduste kõrvaldamine viiks ka eeltoodud vastuolu lahendamisele.

Veel tahaks peatuda ühel objektiivsel põhjusel, millest räägitakse küll harvemini, kuid mille lähemalt vaatlemine on vajalik (21). Nagu näitavad statistilised andmed reas riikides ja eriti just Nõukogude Liidus, ilmneb elanikkonna jaotuses vanuserühmade järgi tendents nihkeks kõige nooremate vanuserühmade arvulise kasvu suunas. See tähendab, et kasvab mitte ainult absoluutne, vaid ka suhteline õppijate arv ja järelikult ka kulutuste osa rahvaharidusele.

Need objektiivsed põhjused loovad vajaduse otsustavalt tõsta õppeprotsessi efektiivsust. Seda on võimalik teha kasutades programmeeritud õpetamist, mis põhineb viimastele pedagoogika, loogika, psühholoogia, küberneetika ja elektroonika saavutustele (33). Küberneetika ja pedagoogika ideede ühendamine ja programmeeritud õpetamise kasutusele võtmine avaldab mõju kogu õppe-kasvatuseprotsessile. Mitte ainult ei muutu õpetaja koht ja ei suurene tema võimalused õppeprotsessi juhtimisel, vaid suureneb ka õpilaste eneste osa õppeprotsessis. Programmeeritud õpetamisega astutakse suur samm õpilaste iseseisva töö aktiveerimise suunas ja luuakse efektiivsed meetodid ja vahendid selle töö juhtimiseks.

Programmeeritud õpetamine, mille alguseks loetakse 1926. a., on väga laialdaselt levinud üle kogu maailma (20). Rääkimata programmeeritud õpetamise sünnimaast Ameerika Ühendriikidest ning Inglismaast, Saksa DV-st jt. enamarenenud riikidest, on programmeeritud õpetamine võrdlemisi laialdaselt levinud ka lääne Aafrika ja Araabia riikides (Jordaania, Nigeeria jt.) (24). Kuna nendes, alles hilju-

ti sõltumatuse kätte võitnud riikides puudub pedagoogide ja mitmesuguste spetsialistide kaader on äärmiselt vajalik tõsta iseseisva õppimise efektiivsust. Programmeeritud õpetamise levik neis riikides on tingitud sellest, et Ameerika Ühendriigid võrdlemisi intensiivselt ekspordivad oma programmeeritud õpetamise vahendeid, püüdes sel teel noori riike ideoloogiliselt allutada.

Nõukogude Liidus on prof. A.A. Smirnovi andmetel tunduvalt rohkem kui 100 keskust (kõrgemad koolid, teaduslikud uurimisasutused, õpetajate täiendusinstituudid ja üksikud tehnikumid ning üldhariduslikud koolid), kus programmeeritud õpetamist uuritakse ja katsetatakse (53;56).

Küllaltki suurtöö on juba tehtud füüsika, matemaatika, raadiotehnika ja ka võõrkeelte programmeeritud õpetamise alal. Ka keemia õpetamisel on kasutatud programmeeritud õpetamist (8; 10; 40; 45; 48; 51), kuid siin jääb uurimuste arv võrreldes teiste distsipliinidega võrdlemisi napiks.

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida mõningaid õpetamisprogrammi kasutamise seotud küsimusi keemias 7. klassis. On selge, et ühe või teise meetodi soovitamiseks ei piisa üldistest teoreetilistest kaalutlustest, vaid veenvaks tõestuseks saavad olla üksnes eksperimendid, mille tulemused on arvuliselt väljendatavad.

Käesoleva töö kirjanduslikus osas on käsitletud programmeeritud õpetamise teoreetilisi probleeme küberneetika seisukohalt lähtudes. Samuti on käsitletud mõningaid õpetamisprogrammide koostamise küsimusi. Kuna programmeeritud õpetamise uudsusest tingitult on paljudes üksikküsimustes praegu mitmeid, sageli üksteisele risti vastu käivaid seisukohti, siis on püütud valgustada lahendamisel olevaid probleeme objektiivselt, esitades nii ühe kui teise poole seisukohti.

Töö koostamisel on kasutatud põhiliselt venekeelseid allikaid, kuna välisriike käsitlev kirjandus on võrdlemisi lünklik ja meie vabariigis raskesti kättesaadav.

## I Kirjanduslik osa

### Küberneetika ja õppeprotsessi juhtimine

Küberneetika tähtsus seisneb selles, et ta meetodid annavad võimaluse juhtida protsesse, mis toimuvad nii tööstuses kui ka ühiskonnas. Tekkides ühiskondlik- majanduslikest vajadustest, annab küberneetika inimkonnale vahendi veelgi sügavamale tungimiseks sellistes teadusharudes nagu bioloogia, psühholoogia ja pedagoogika, mis on seotud kõige keerulisemate nähtustega ja protsessidega Maal (7). Võimalus kasutada küberneetikat pedagoogiliste nähtuste valdkonnas põhineb sellel, et õpetamist (ja ka kasvatamist) võib vaadelda kui teatud juhtimise eriliiki, täpsemalt kui psüühiliste protsesside kujunemise ja arenemise juhtimist (4). Psüühilised protsessid on juhitavad nagu füüsikalised, keemilised ja bioloogilised protsessid. Esimestena pöördusid küberneetika poole biheavioristid, nähes selles vahendit oma õpetamise teooria populariseerimiseks (20). Biheaviorism tekkis USA-s XX sajandi algul ja oli mehhanistlike kontseptsioonide jätkuks psühholoogias.

Käesoleval ajal on täiesti võimatu ligikaudseltki hinnata seda efekti, mida toob küberneetika meetodite ja elektronseadmete kasutuselevõtmine inimese kõigil tegevusaladel. Inimese vaimse tegevuse sfääris toimub selline revolutsioon, millist võiks võrrelda tööstusliku revolutsiooniga, mida põhjustas looduslike energiaallikate kasutuselevõtmine masinate ja mehhanismide ehitamisel (14). Kuna antud juhul on tegevust murranguga inimese kõige tähtsama ja komplitseerituma tegevuse - vaimse tegevuse valdkonnas, on tagajärjed märksa sügavamad. Õpetamine on üheks inimese intellektuaalse tege-

vuse vormiks. Selle tegevuse iseloom ja iseärasused määratakse protsessidega, mis toimuvad peaaegu. Mõtlemisprotsesside kulgemise seaduspärasuste selgitamine ja nende juhtimise võimaluste tundmaõppimine on õpetamise efektiivsuse tõstmise tähtsamaid tingimusi. Viimasel ajal pööratakse suurt tähelepanu peaaegu kui informatsiooni ümbertöötamise süsteemi tegevuse uurimisele. Nende uurimuste tormilist arengut soodustab uue küberneetika haru - bionika ilmumine (9).

Bionika uurib informatsiooni juhtimise ja kujunemise protsesse, mis toimuvad elavorganismis ja analüüsib küberneetika meetoditega, eesmärgil kasutada neid erinevates tehnilistes süsteemides täielikumalt kui on tekkinud looduses pikaajalise evolutsiooni protsessis.

Küberneetika printsiipide ja matemaatilise aparatuuri kasutamine didaktikas muudab selle tehniliseks teaduseks viimasele omaste täpsete ja tõestatud praktiliste järeldustega. Programmeeritud õpetamine on esimeseks sammuks sellel teel. Terminit "programmeerimine" kasutatakse keeruliste protsesside juhtimise probleemide arutamisel. Püüd täiustada õppeprotsessi juhtimist viis pedagooge õpilaste õppetegevuse programmeerimise ideedele. Õppeprotsessi juhtimiseks programmeeritud õpetamisel kasutatakse keeruliste protsesside juhtimise küberneetika printsiipe. Need võimaldavad realiseerida õppeprotsessile esitatud didaktilisi nõudmisi.

Üks peamisi küberneetika printsiipe, mida kasutatakse programmeeritud õpetamisel, on hierarhia printsiip (7). Hierarhia all mõistetakse tervikliku organismi (või süsteemi) üksikute osade astmelist alluvust, viimaste suhtelise iseseisvuse juures. Näiteks osinevad hierarhia suhted juhtimisel :

- a) elavorganismi üksikute osade ja organismi terviku üle (kõrgemad ja madalamad peaaegu osad; ajukoore, koorealune, retikulaarformatsioon; peaaegu ja seljaaju; tsentraalne närvisüsteem ja perifeerne närvisüsteem; teine signaalsüsteem ja esimene signaalsüsteem;
- b) universumiüle (tähe maailmad, galaktikad, planeedid)

did; kliima, ilm; taimestik, loomastik) ;  
c) riigi üle.

Toodud näidetest on selge, et komplitseeritud süsteemide hierarhiline juhtimisprintsip on objektiivne looduse seadus. Küberneetika avastas selle seaduse ja juhtimissüsteemide ehitamisel tuleb kasutada seda teadlikult. Juhtimise organiseerimisel hierarhia printsiibi järgi teostatakse süsteemi elementide juhtiv mõjustamine. Õppeprotsessis võib jagada juhtiva mõjustamise üldiseks ja üksikasjalikuks. Jättes õpetaja ülesandeks õppeprotsessi üldise juhtimise ja andes üksikasjalikuma juhtimise mingisugusele juhtvahendile, võime lühendada informatsiooni voolu. See informatsioon töötatakse vahetult õpetaja poolt läbi ja avanebki võimalus õppeprotsessi juhtimise taset tõsta.

Programmeeritud õpetamine on selline õpetamine, kus õppeprotsessi juhtimine toimub hierarhia printsiibi järgi spetsiaalsete juhtvahendite abil. Selleks, et juhtvahendid võiksid edukalt täita oma ülesandeid, peab nende programm täpselt arvestama inimese tunnetusprotsessi iseärasusi. Selleks tuleb juhtvahenditele programmi koostamisel tugineda nõukogude psühholoogiale ja pedagoogikale, mille aluseks on dialektilis-materialistlik tunnetusprotsessi mõistmine.

Juhtimine organiseeritakse hierarhia printsiibi järgi kui juhtiva süsteemi kõrgemad osad (õpetaja) töötavad läbi kõige tähtsama juhtiva informatsiooni, mis on vajalik süsteemi kui terviku funktsioneerimiseks. Juhtiva süsteemi madalamad osad (juhtvahendid) töötavad läbi rohkem osalist informatsiooni kõrgemate osade üldistatud käskude põhjal. Selline juhtimine soodustab süsteemi iga elemendi (õpilase) kohanemisvõimet väliskeskkonna tingimustega, säilitades süsteemi osade tiheda seose, vastastikuse põhjustatuse ja automaatsuse.

## Programmeeritud õpetamise printsiibid

Programmeeritud õpetamise määrangut pole võimalik anda lühikese formuleeringu näol, vaid seda tuleb teha rea printsiipide kirjeldamise teel, mis avavad meetodi olemuse (?).

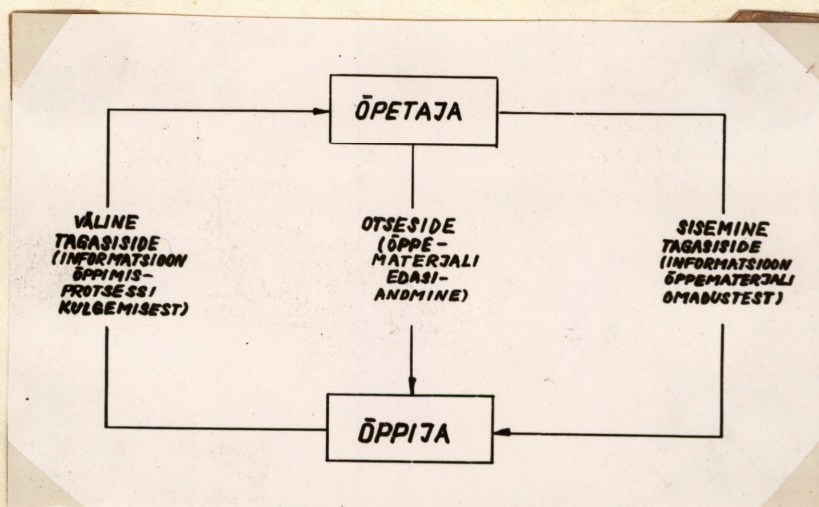
Programmeeritud õpetamise esimene printsiip eeldab pedagoogilise protsessi hierarhilist juhtimist, et arvestada iga õpilase individuaalseid võimeid. Õpetamine, mille juhtimisel on täidetud hierarhia nõue, avab kõige efektiivsemad võimalused sellise ülddidaktilise printsiibi realiseerimiseks nagu seda on õpilastele individuaalne lähenemine kollektiivsete õppetöö vormide juures. Programmeeritud õpetamisel õpilased fikseerivad ühel või teisel viisil materjali läbitõotamise iga sammu. Õpetajale on see aga õpilase edukuse objektiivseks näitajaks. Õpetajal on võimalus hinnata mistahes õpilase tööd igal ajal ja abistada teda ainult siis, kui see abi on tõesti vajalik.

Programmeeritud õpetamise teise printsiibi olemus seisneb vajaduses organiseerida õppeprotsessi juhtimise süsteemi tsüklilisus. Tsüklilisus juhtimisel ei tähenda ainult seda, et juhtiv objekt annab informatsiooni juhitavale objektile (otseside), vaid ka seda, et juhitav objekt annab informatsiooni oma olukorrast juhitavale objektile (tagasiside). Küberneetikast on teada, et mistahes juhtiva süsteemi normaalseks funktsioneerimiseks on vajalik tema objektide vahel otse- ja tagasiside olemasolu. Tagasiside olemasolu annab võimaluse süsteemi tööd korrigeerida sõltuvalt selle tegevuse resultaatidest. Analoogiline olukord esineb ka õppeprotsessis. Selleks, et kõik õppimise käigus tekkinud kõrvalekalded mõtlemisprotsessi normaalsest kulgemisest oleksid õpetajal õigeaegselt märgatavad ja parandatavad, peab viimane saama pidevat informatsiooni sellest, mis toimub õpilase teadvuses kui see omandab teadmisi, lahendab ülesandeid

või teostab üht või teist tegevust (4). Ilma sellise informatsioonita ei saa teadvuses toimuvate protsesside täielikust juhtimisest juttugi olla. Teiste sõnadega, psüühilise tegevuse täielik juhtimine õppeprotsessis on võimalik ainult hea tagasiside olemasolu korral. Hea just selles mõttes, et kui informatsioon, mis saabub tagasiside kanalit mööda, on mitte-küllaldane või informatsioon saabub suure hilineemisega - kõik see võib protsessi juhtimise efektiivsust tunduvalt vähendada (3).

Palju on räägitud sellest, et individuaalne töö õpilastega tõstab tublisti õpetamise efektiivsust. Kuid individuaalse töö efektiivsuse määrabki ju kõigepealt tagasiside kanali olemasolu. Praegused uued õpetamis/metodid nagu kino, televisioon, raadio jne. tõstavad küll otseside efektiivsust, kuid tagasiside jääb nõrgaks.

Lähtudes sellest, et juhtiv süsteem peab koosnema vähemalt kahest juhtivast objektist (õpetaja ja mingi juhtvahend), esineb väline ja sisemine tagasiside. Väliste tagasiside korral toimub informatsiooni üleminek õpilastelt õpetajale, kusjuures viimane saab ülevaate õpilaste teadmiste tasemest. Sisemine tagasiside toimub juhtvahendi kaudu ning see annab õpilasele võimaluse hinnata ja parandada oma tööd



Joonis 1. Õppimisprotsessi skeem.

Suuri ja juhuslikke kõikumisi õppeprotsessi tulemustes võib hinnata ja parandada ainult õpetaja. See on ka täiesti kooskõlas keeruliste süsteemide juhtimise üldise teooriaga ja näitab kui võrd on põimunud hierarhia ja tsüklilisuse printsiibid õppeprotsessi juhtimisel.

Programmeeritud õpetamise kolmas printsiip nõuab materjali esitamist õpilastele sammudena. Iga õpetamisprogrammi sammu iseärasuseks, mis eraldab teda tavalise õpiku paragrahvidest on see, et iga samm sisaldab peale informatsiooni kas ülesandeid või harjutusi. Ülesanded ja harjutused on vajalikud õpilastele teatud tegevuse organiseerimiseks materjali omandamise protsessis. Kasutades programmeeritud juhendi koostamisel nõukogude psühholoogia avastusi intellektuaalsete ja füüsiliste vilumuste kujundamise mehhanismi kohta, tuleb viimase koosseisu lülitada kolm vastastikuselt seoses olevat lüli : informatsioon, operatsioon koos tagasisidega ja kontroll.

Informatsiooni etapil saab õpilane põhilised teadmised ühe või teise nähtuse, reegli või seaduspärasuse kohta. Informeerimine on vajalik tingimus õpilasele uute teadmiste ja oskuste andmisel. Informeerimine võib toimuda kas õpetaja juhtusena või tehniliste vahendite abil.

Etapp "operatsioon" annab võimaluse organiseerida sihi-teadlikku informatsiooni ümbertöötamist õpilaste poolt, mis on vajalik uute vaimsete ja füüsiliste vilumuste omandamisel. Etapp "operatsioon" kindlustab programmeeritud õpetamisel aktiivse vastastikuse toime õppematerjaliga, milline võimaldab kinnistada informatsiooni mälus. Etapp "operatsioon" annab õpilasele võimaluse parandada iga sammu õppetöös ja saavutada ainult õiget teadmiste ja oskuste omandamist.

Etapp "kontroll" võimaldab õpetajal kontrollida programmi resultatiivsust ja õpilaste edasijõudmist.

Lähtudes faktist, et õppimine õpetamisprogrammi järgi on rangelt individuaalne, tekib loomulik vajadus anda igale õpilasele võimalus õppida kiirusega, milline on tema võime-

tele kõige soodsam. See on neljas programmeeritud õpetamise printsiip. Individuaalse tempo printsiibi järgimine loob kõigile õpilastele võimaluse edukaks õppematerjali omandamiseks, ehkki erineva aja jooksul. Samal ajal teatud pingeloomine õppimise tempos arendab just neid omadusi, milliseid nimetatakse mõtte erksus, s.o. kiire orienteerumine vaimse ja füüsilise tegevuse alal. Sellist pinget töö tempos ja optimaalse rütmi valikut võib saavutada ainult tehniliste vahendite kasutamisel, millised töötavad programmi järgi kindla rütmiga või reguleeritava ekspositsiooniga.

Seoses eeltooduga kerkib esile viies programmeeritud õpetamise printsiip, milline nõuab tehniliste vahendite kasutamist programmeeritud õppematerjalide esitamisel. Sellepärast tehniliste vahendite kasutamine programmeeritud õpetamisel on oluliseks põhimõtteliseks iseärasuseks vaadeldava õppesüsteemi puhul.

Programmeeritud õpetamine on võimalik ka ilma tehniliste vahenditeta programmeeritud tekstide abil, millised võivad esineda raamatu kujul. Sellel juhul on ainult väga raske arendada õpilastes kiire ja täpse töö harjumust, dünaamilise orienteerumise võimet pidevalt muutuvast olukorras. Tehniliste vahendite kasutamine avab võimaluse ühe tähtsama didaktilise printsiibi realiseerimiseks, mis seisneb selles, et üleminek uue materjali juurde võib toimuda alles pärast eelneva õppematerjali põhjalikku omandamist. Õpetamisel olemasolevate meetodiga on see didaktiline printsiip raskesti realiseeritav kahel põhjusel. Esiteks, enne iga uue tunni algust puudub õpetajal täielik ülevaade kõikide õpilaste teadmistest ja teisest, vaba võimalus tegelda uue õppematerjaliga tekitab õpilastes vale mulje oma teadmistest.

Õpetamismasinade kasutamise küsimustes lähevad aga paljude autorite arvamused lahku. Vaieldamatu on ainult see, et inimese peaju varustamine küberneetilise tehnikaga suurendab põhjalikult viimase tunnetuslikke võimalusi (41). Kuid seegi seisukoht on seotud teatud vasturääkivustega. Vaiel-

damatu on ka see, et kuidas ka ei täiustuks tulevikus küberneetilised masinad, on ja jäävad nad ka tulevikus ainult veendiks, mille abil inimene suurendab oma võimu looduse üle(2). Võivad kerkida ka küsimused, kas ei tõrju sellised küberneetilised seadmed õpetajat välja või kas nad ei muuda laste mitmekülgset tegevust liiga ühekülgseks ja tegevusevaseks. See kartus on aga alusetu. Nii nagu masin ei hävitanud füüsilist tööd, vaid ainult kergendas seda ja muutis tootlikumaks väiksema jõukulu juures, nii ka ei hävita küberneetilised masinad vaimset tööd, vaid ainult täiustavad seda ja muudavad produktiivsemaks (14).

Paljude autorite ühiseks arvamuseks on see, et praegu liialdatakse õpetamismasinate kasutamisega. Igasuguste liialduste vastu õpetamismasinate kasutamisel on seada terve rida veenvaid argumente. Kõigepealt tuleks arvestada seda, et esimesed programmeeritud õpetamise alal töötajad olid tehnilise eriala esindajad ja selletõttu sai programmeeritud õpetamine alguses liialt masinliku suuna ning programmeeritud õpetamise sisseviimist hakati teostama õppeprotsessi automatiseerimise loosungi all (20). Eeltoodud olukorda iseloomustab Ameerika teadlane James Finn, öeldes, et rahvahariduse tege- lasi ründavad pidevalt XX sajandi insenerid, üksnes tehnilise mõtte domineerimine on viinud selleni, et mõnikord konstrueeritakse kõigepealt õpetamismasin või mingi küberneetiline seadeldis ja alles siis hakatakse mõtlema ning katsetama, milleks võiks teda kasutada õppeprotsessis. Veel tuleks tähelepanu pöörata sellele, et terve rida täiesti valesid ja absurdsid valikvastuseid on põhjustanud asjaolu, et soovitakse tingimata kasutada mitmesuguseid masinaid (28).

Masinate kasutamine ei tohi aga muutuda programmeeritud õpetamise põhiküsimuseks. Nagu eksperimentaalsed uuringused programmeeritud õpetamise alal nii masinatega kui ka ilma, mis viidi läbi Kalifornia Ülikoolis näitasid, et efekti ei saavutata mitte niivõrd tänu mitmesugustele masinatele

kui üldse programmeeritud õpetamisele (37). Samuti ei tohi arvestamata jätta küsimuse majanduslikku külge. Õpetamismasinate kasutuselevõtmine õppeprotsessis on seotud suurte materiaalsete kulutustega (masinate hind + eksploatatsioonikulud). Eriti suured on kulutused siis, kui võtta vaatluse alla üldhariduslikud koolid - üksnes VNFSV-s on 130.000 kooli. Kui igale koolile anda 10 kõige lihtsamat elektromehaanilist seadeldist hinnaga 10 - 15 rbl., siis tuleks täiendavalt eraldada 15.000.000 rubla (13). Seejuures tuleb arvestada, et sellise masinate arvu korral ei saavutata vajalikku pedagoogilist efekti ja tõeline kulutuste suurus selliste masinate hankimisel ületab kindlasti eelpoolmainitud summa.

Arvestades kõiki neid asjaolusid tuleks võtta õpetamismasinate kasutamise suhtes järgmine seisukoht. Konstrueerida õpetamismasinaid ainult siis, kui see on tingitud objektiivsetest vajadustest ja kui masin lahendab uusi ülesandeid, milliseid ei saa lahendada seniste pedagoogiliste vahenditega (35).

Loetletud printsiipidega määratakse programmeeritud õpetamise kui didaktilise süsteemi spetsiifika.

### Õpetamisprogrammid ja nende liigitus.

Programmeeritud õpetamise edukuse määrab eelkõige õppematerjali programmeerimise kvaliteet. Kõik muu, nagu materjali vormistamisviis, selle esitamisel ning kontrollimisel kasutatavad tehnilised vahendid (kaasa arvatud õpetamismasinad) jne., omaette võetuna ei suuda tagada rahuldavaid tulemusi kui programm ise pole vajalikul tasemel. Õpetamisprogrammi ülesehituse määrab kindlaks õpetamisalgoritm - üksikasjalikult formuleeritud eeskiri optimaalsete tagajärgede saavutamiseks, mis on rakendatav mitmesuguste õppematerjali-

de ning nende osade programmeerimiseks, see on lõppkokkuvõttes õpetamiseks - teadmiste, oskuste ja vilumuste formeerimiseks.

Õpetamisprogrammi iga samm ei ole identne tavalise õpiku paragrahviga. See koosneb ühest või mitmest informatsiooni kaadrist, mis annavad õpilasele uusi teadmisi ; operatsiooni kaadrist, milles esitatakse vastavaid mõtlemis- ja rakenduslikke ülesandeid ; sisemise tagasiside kaadrist, milline annab võimaluse korrigeerida lahenduse käiku ja kontrolli kaadrist, mis kindlustab välise tagasiside (7). Seega koosneb iga samm tervest reast kaadritest. Samm on meetodiline kategooria, mis on seotud mõne õppeprotseduuriga. See protseduur seisneb informatsioonis, kinnitamisest ja teatud materjali omandamise kontrollis. Ei ole vajalik, et iga samm sisaldaks kogu kaadrite nomenklatuuri, seevastu peab aga kaadrite vaheldumine sammu piires alluma vastavatele reeglitele. Sammud võivad olla täielikud ja mittetäielikud, s.t. ei sisalda mõningaid kaadreid. Kui tähistada kaadreid nende algustähtedega (I - informatsioon, O - operatsioon, K - kontroll ja Ts - tagasiside), siis kaadrite vaheldumine võib olla küllaltki erinev, kuid mitte meelevaldne. Olukord I+O+K+Ts on iseloomulik tavalisele õpetamisele ja selle ületamisele on suunatud programmeeritud õpetamise meetodika. Samuti tuleb lugeda vastuvõetamatuks järgmised olukorrad :

I + O + K (õpilastel puudub ülevaade oma tegevuse kohta)

I + O (olukord, kus on välistatud igasugune juhtiv vastumõju)

I + K (olukord ilma õpetamiseta).

Õpetamisprogrammide koostamisel täielike sammudega võib kasutada järgmisi struktuurskeeme :

I + O + Ts + K

O + Ts + I + K

K + I + O + Ts + K

Mõningate õpetamisprogrammi osade koostamisel mitte-  
täielike sammudega omavad mõtet järgmised skeemid :

I + K + Ts

O + Ts + K

I + O + Ts

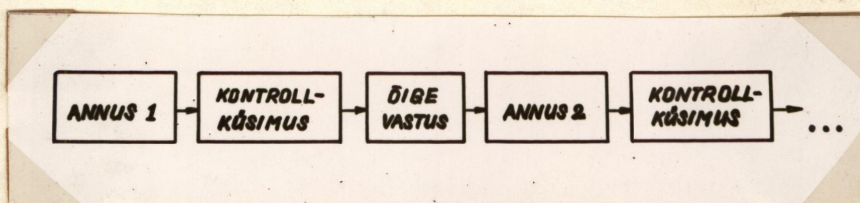
O + Ts + I

Selgusetuks on jäänud senini küsimus kaadrite suurusest. Skinneri järgi on kaadrid väikesed ja materjal esitatakse küsimustena või ülesannetena (16). Õige vastus tuleb viivitamatult kinnistada; ka igale lihtsaimale faktile ning mõttekäigule antavate kinnituste arv peab olema küllaltki suur ja erinevates variantides. Nõukogude teadlased on võtnud selle seisukoha terava kriitika alla (26; 54). Oma programmeeritud õpetamise rajab Skinner biheaviorismi klassikalistele printsiipidele, mis on välja töötatud loomadega tehtud katsete najal. Ka kogu õppeprotsess tema järgi meenutab loomade dresseerimist, mis toimub valemi  $S - R \dots R_f - E$  järgi. Siin S on stiimul, K reaktsioon,  $R_f$  kinnistamine ja E - rahulolu. Samuti esineb arvamus, et väga väikesed annused rikuvad aine sisemise loogika (35). Crowder eelistab suuremaid kaadreid, kus küsimusi ja ülesandeid ei eraldata, vaid need kuuluvad antud materjali juurde (19). Kõige õigem tundub olevat seisukoht mis eeldab materjali jagamist optimaalseteks annusteks (39).

Käesoleval ajal on raske öelda millises aines ja millistes klassides on otstarbekohane kasutada õpetamisprogramme. Teema, klassi ja õppeaine valib tavaliselt programmi koostaja oma soovi kohaselt. Üldiselt on praegu raske hinnata programmeeritud õppeaine ja teema valiku õigsust. Näiteks Ameerika Ühendriikides on õpetamisprogrammid eriti levinud füüsikas ja matemaatikas, kuid see levik on arvata-  
vasti tingitud vajadusest, mis näeb ette nende teadusharude kiirendatud arengu riigikaitse huvides (16). Nõukogude autorid on arvamusel, et programmeerida tuleks kõigepealt ras-

kemaid teemasid, sest sel teel muutub õppeprotsess paremini juhitavaks (23). Keemia õpetamisel on soovitatud kasutada programmeeritud õppematerjale valemitte koostamisel valentsi järgi või siis valentsi leidmisel (12).

Tuginedes ühele või teisele õpetamisalgoritmile või ka vahetult õppimisprotsessi mudelile, saadakse erineva struktuuriga õpetamisprogrammid. Õpetamisprogrammis, mis on skemaatiliselt kujutatud joonisel 2, esitatakse annused õppijale üheselt määratud järjestuses üksteise järel. Iga annuse esitamisele järgneb kontrolli küsimuse või ülesande varal. Programmi kaadrid nagu oleksid asetatud ühele joonele. Sellist õpetamisprogrammi sõna - sõnalises tõlkes inglise keelest nimetatakse lineaarprogrammiks ja sellise programmi koostamist lineaarseks programmeerimiseks (7)



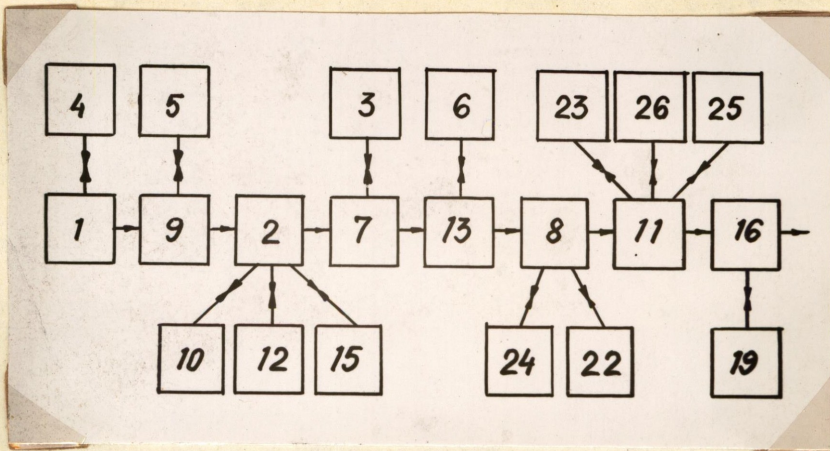
Joonis 2. Lineaarprogrammi skeem.

See terminoloogia on ilma igasuguse kriitikata ülevõetud arvutusmatemaatikast ega peegelda tegelikku olukorda. Programmeeritud õpetamisest ebaõigete ettekujutuste vältimiseks on vajalik teha ulatuslikku selgitustööd, sest lineaarse programmeerimise all mõistetakse lineaarsete võrrandite ja võrratuste koostamist ja lahendamist. Lineaarprogrammi kasutamisel läbib iga õppija materjali täpselt ühes ja samas järjekorras, individualiseeritud on üksnes õppimis-

tempo. Kuna programmeeritud õpetamise terminoloogia on alles kujunemisjärgus ning täiesti kooskõlastamata kasutatakse käesolevas töös terminit "lineaarprogramm".

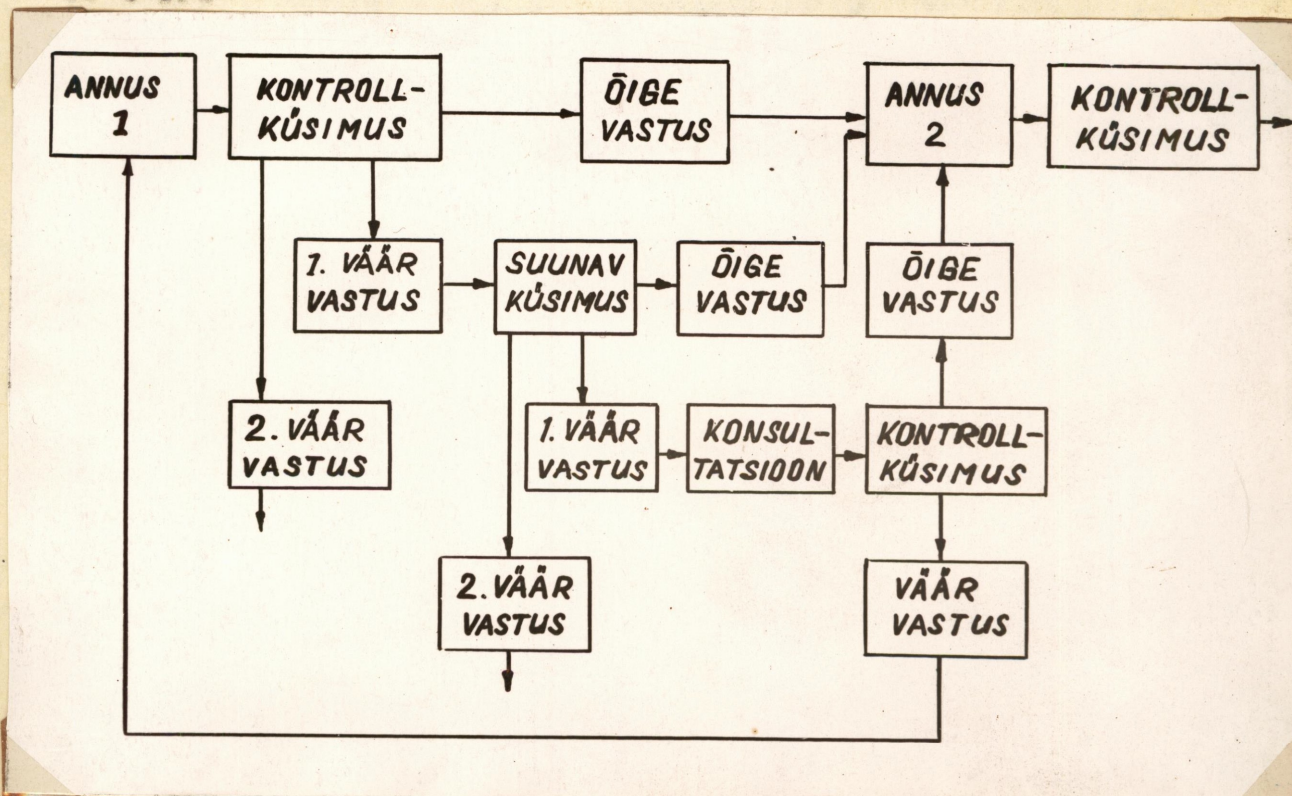
Õpetamisprogrammide koostamisel on vajalik arvestada erinevate õpilaste tunnetuslikke võimeid (jõukohasuse printsiip didaktikas) ja koostada programme erineva raskusastmega; sellele nõudmisele vastab mõningal määral teine programmi tüüp, mida võib nimetada lisadega lineaarprogrammiks. Lisadega lineaarprogramm - see on lineaarprogramm, milles osa illustratsioone, kirjeldusi ja täiendavaid seletusi on viidud programmi lisadesse.

Kõik lineaarprogrammid nõuavad õpilastelt iseseisvat küsimustele vastuse konstrueerimist. Mõnikord on see üsna lihtne (täita lüngad puuduvate sõnadega), vahel aga tuleb sõnastada teatud mõte või lahendada ülesanne. Valikvastuseid lineaarprogrammis kasutada ei soovitata; võimalused kasutada õige vastuse valikut reast mittetäielikest vastustest avab niinimetatud hargprogrammi koostamine. Hargprogrammis nii nagu lineaarprogrammiski esitatakse materjal süstemaatiliselt ja vastastikusel seoses olevate sammudena. Ainult materjali paigutamise tehnika on hargprogrammis oluliselt erinev lineaarprogrammi materjali paigutamise tehnikast. Hargprogrammi igale informatsiooni kaadrile järgneb tingimata kaader, mis ühendab samaaegselt operatsiooni ja kontrollkaadreid. Hargprogrammi on võimalik väga mitmekesiselt varieerida. Joonisel 3 on toodud üks hargprogrammi skeemidest (6). Iga number tähistab lehekülje numbrit, kusjuures igale leheküljele on paigutatud ainult üks kaader.



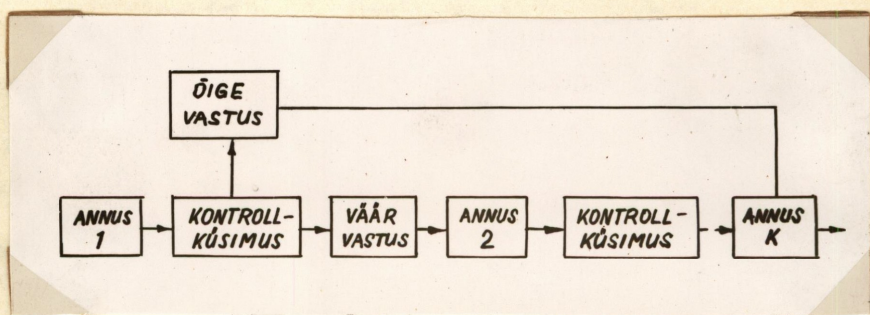
Joonis 3. Hargprogrammi skeem.

Lähemal vaatlemisel võib veenduda, et kui õpilane vastab kõigile programmis esitatud küsimustele õigesti, tuleb tal esimesest 26-st leheküljest läbi töötada ainult 8. Joonisel 4 on toodud üks keerulisemaid hargprogrammi variante (49).



Joonis 4. Hargprogrammi skeem.

Hargprogrammi üks variant näeb ette edestava hargne-  
mise, võimaldades õige vastuse esitamisel mõnedest vahepeal-  
setest kaadritest üle hüpata (vt. joonis 5.). Vale vastuse  
esitaja või vastusest loobuja läbib programmi detailsemaid  
astmeid pidi.



Joonis 5. Edestusega hargprogrammi skeem.

Sõltuvalt õppematerjali iseloomust võidakse kasutada ka kombineeritud programme.

Nagu selgus juba eespool on kontrollküsimuste vastuse väljendamine võimalik põhiliselt kahel meetodil : konstrueeritud vastuste meetodil ja valikvastuste ehk alternatiivse valiku meetodil (49). Osa autoreid aga nõuavad terava vahe tegemist valik - ja alternatiivse vastuse vahel (30) Konstrueeritud vastuse korral moodustab õppija iseseisvalt vastuse kontrollküsimusele - või ülesandele, olgu siis sõnalisel kujul, arvresultaadina, valemina jne. Valikvastuse kasutamisel antakse õppijale rida valmis kujul formuleeritud vastuseid, milledest tavaliselt ainult üks on õige, ülejäänud aga valed või mittetäielikud. Kuid on kasutatud valikvastuseid ka nii, et õpetaja annab ühe vale vastuse ja teised kõik õiged vastused, seades õpilaste ette ülesande leida viga (22). Seda peetakse soodsaks kasutada punktuatsiooni õppimisel vene keele tundides. Valikvastuste probleem on kutsu-

nud esile võrdlemisi laiaulatusliku diskussiooni. Kahtlemata on valikvastuste meetod laialdast kasutamist leidnud peamiselt tänu sellele, et ta võimaldab kasutada tehnilise kontrolli vahenditena lihtsaid ja odavaid seadeldisi (32). Väga tihti avaldatakse arvamust, et valikvastuste puhul ei aktiveerita küllaldaselt õpilaste vaimset tegevust ja et ebaõige vastus võib samuti meelde jääda. Võrdlemisi terav on ka järgmine valikvastuste kriitika (20). Valikvastuste korral nõutakse õpilastelt ainult õige vastuse äratundmist. Selleks on tal tarvis vaid reageerida esitatavale stiimulile jäädes sealjuures passiivseks ja mitte kasutades probleemi lahendamisel oma mõtlemist. Samuti ei kasuta õpilane sellisel juhul oma psühho-füsioloogilisi võimeid, vaid ainult õpib reageerima välistele ärritajatele. Õpetamine kulgeb siin rangelt valemi S - R (Stimul - reaktsioon) järgi.

Viimasel ajal on terve rida autoreid valikvastuste kaitseks välja astunud (30; 38). Arvatakse, et valikvastuste meetodil, kus õpilane puutub kokku iseloomulike vigadega selleks, et hoiatada teda edaspidi neid vigu vältima, on suured võimalused õigeks õpetamiseks. Püüdes lahendada mingit elulist ülesannet seisab inimene tihti valiku probleemi ees. Tal tuleb valida mõningatest võimalikest variantidest üks, kusjuures viimaseid ei konstrueeri tema ise, vaid need antakse talle valmis kujul. Näiteks küsimus, millise valgusfoori tule korral võib ületada risttee, loob meile täiesti elulise olukorra ja valikvastuse kasutamine on siin ainuõige. Seejuures on aga lubamatu kasutada absurdseid, täiesti ebaõigeid või sisemiselt vasturääkivaid vastuseid. Samuti ei tohi anda aastaarve, mis on seotud ajalooliste sündmustega, teaduslike avastustega jne. Vajaduse korral võib lülitada programmi küsimusi, mis määravad teatud avastuse epohhi.

Millal siis kasutada konstrueeritud vastuste meetodit ja millal valikvastuste meetodit? Õpetamisel on otstarbeko-

hane kasutada konstrueeritud vastuste meetodit. Õppematerjali omandatuse kontrolliks on põhimõtteliselt kasutatavad mõlemad vastamismeetodid. Üldiselt soovitatakse kasutada valikvastuste meetodit kollokviumidel ja õpilaste valmisoleku kontrolliks enne praktilisi töid. Siin etendab tähtsat osa võimalus kiiresti parandada ja hinnata õpilaste vastuseid (eriti m. kaartide süsteemi kasutamisel) (27). Eksamil ei ole eriti soovitatav kasutada valikvastuseid, kuna see meetod ei anna siiski tõelist ettekujutust õpilaste teadmistest. Õpilastel avaneb võimalus õiget vastust mõistatada. Õige vastuse mõistatamise võimalust saab aga kompenseerida küsimuste küllalt suure arvuga, kusjuures tuleb arvestada õige vastuse juhusliku leidmise tõenäosust, mida saab arvutada tõenäosusteooria valemitega.

Olgu igale küsimusele antud  $Z$  variantvastust ; üksiku õige vastuse mõistatamise tõenäosus on siis  $\frac{1}{Z} = P$  Tõenäosus, et juhuslikult antakse  $m$  õiget vastust, võrdub

$$P_{m,n} = C_n^m \cdot P^m \cdot (1-P)^{n-m} = \frac{n!}{m!(n-m)!} P^m \cdot (1-P)^{n-m}$$

kus  $n$  on küsimuste üldine arv (49). Alljärgnevas tabelis on toodud mõned tõenäosuse  $P_{m,n}$  väärtused nelja variantvastuse ( $Z = 4$ ) puhul :

T a b e l 1

	$m$	$P_{m,n}$		$m$	$P_{m,n}$
$n = 10$	4	0,23	$n = 20$	8	0,11
	5	0,080		9	0,043
	6	0,020		10	0,015
	7	0,0036		11	0,0041
	8	0,00043		12	0,00098
	9	0,000031		13	0,00019
	10	0,000001		14	0,000032
			15	0,0000041	

Toodud andmed annavad kõigepealt aluse minimaalse küsimuste arvu määramiseks. Näiteks kui rahuldava hinde saamisel peetakse nõutavaks 6 (s.o. 60%) õiget vastust, on kümne küsimuse korral "äramõistatamise" tõenäosus 0,02. See on aga piisavalt väike.

Et kindlustada käsitlemise objektiivne tulemus, tuleb tabeli andmeid kindlasti arvestada.

### Õpetamisprogrammide koostamise põhietaapid.

Programmide koostamise esimeseks etapiks on õpetamise eesmärgi võimalikult üksikasjalik selgitamine ja formuleerimine. Igasugusel õpetamisel võib eraldada need teadmised, oskused ja vilumused, mis tuleb õpilastel omandada õppeprotsessis. Õpetamise eesmärgi lahtimõtestamisel tulebki eraldada peamised mõisted, oskused ja vilumused.

Programmide koostamise teisel etapil määratakse kindlaks aine õppimise süsteem, teiste sõnadega koostatakse õpetamise temaatiline plaan. Temaatilist plaani on otstarbekas koostada ühelt poolt teadmiste ja üldistatud mõistete ning teiselt poolt vaimsete ja füüsiliste oskuste terminites.

Programmide koostamise kolmas etapp seisneb kogu õppematerjali, mida kavatakse programmeerida, tavalises, programmeerimata esitamises. Selleks võib kasutada kõige sobivamaid olemasolevaid õpikuid või muud vastavasisulist kirjandust. See etapp on eriti tähtis sellepärast, et siin määratakse kindlaks õppematerjali maht, käsitlemise sügavus ja esitamise süsteem. Programmeerimata aine esitus moodustab niiõelda koostatava programmi kondikava, kuna temaatiline plaan peegeldab veel võrdlemisi vähe õppematerjali üksikute osadevahelist seost. Juhul kui analüüsitava tekst sisaldab palju kirjeldavat materjali, on vajalik viia see materjal lissasse.

Neljas etapp seisneb programmeerimata teksti jagamises üksikuteks sammudeks. Esimene jagamine sammudeks võib olla mittetäielik - mõnikord võivad sammud olla kompleksed ; teinekord aga ei oma eraldatud samm üldse iseseisvat tähtsust, vaid on mingi teise sammu osaks.

Eraldatud ja analüüsitud sammud pannakse niinimetatud matriitsi. Sellise matriitsi koostamine ongi programmide koostamise viies etapp.

Kuuenda etapi tulemusena peab valmima õpetamisprogramm antud teema kohta. Kuuendal etapil toimub kõige vastutusrikkam loominguiline töö. Töötatakse välja tüüpilised mõtlemis- ja füüsilised ülesanded eelnevate informatsiooni kaardrite alusel. Õpilaste võimalike vigade analüüsi põhjal koostatakse tagasiside kaadrid. Sellel etapil töötatakse veel välja õpilase individuaalse töö kontrollisüsteem (väline tagasiside) ja koostatakse vastavad kontrollülesanded.

Õpetamisprogrammi kõrval on tingimata vajalik koostada ka meetoodiline juhend õpetajale (juhul kui õpetaja ise ei koostanud programmi) programmi kasutamise kohta tunnis ja teiste õppetöö vormide ühendamise kohta programmeeritud õpetamisega. See ongi programmide koostamise seitsmes etapp.

Kaheksandal etapil toimub õpetamisprogrammi katsetamine väikese arvu õpilastega (5 - 10 õpilast). Sellel etapil pööratakse peatähelepanu programmis esinevate küsimuste ja ülesannete jõukohasuse probleemile. Programmi katsetamisel on vajalik ka programmi koostaja juuresolek (46).

Üheksas etapp on programmi täiustamise etapiks massilise katsetamise andmete põhjal. Samuti kogutakse sellel etapil vajalikku statistilist materjali rea probleemide lahendamiseks tõenäosusteooria meetoditega. Õpetamisprogrammi tuleb pidevalt parandada ja täiendada ka edaspidises töös.

Kõik need eeltoodud teoreetilised seisukohad on aluseks järgnevale eksperimentaalsele osale, sest mõeldamatu on koostada õpetamisprogrammi, katsetada seda ja hinnata tulemusi ilma programmeeritud õpetamise teoreetilisi aluseid tundmata.

## II Eksperimentaalne osa.

### Õpetamisprogrammi koostamine.

Programmeeritud õpetamise tingimustes läbiviidavad tunnid võib jagada kolme rühma (15) :

- a) tund, kus õpilased iseseisvalt töötavad läbi uue materjali ;
- b) tund õpitud materjali kinnistamiseks programmeeritud õpetamise vahenditega ;
- c) kontrollitud spetsiaalsete programmeeritud õpetamise vahenditega.

Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida programmeeritud õpetamisega seotud küsimusi keemias esimesena märgitud juhul. Selle küsimuse edukaks lahendamiseks tuli kõigepealt koostada õpetamisprogrammi mõne teema kohta, sest momendil puuduvad igasugused programmeeritud õppematerjalid keemias 8-klassilisele koolile. Õpetamisprogrammi koostamisel valiti teemaks "Hapete koostis ja omadused" 7-ndas klassis kolmel põhjusel :

- a) teema on oma sisemise loogika tõttu sobiv õpetamisprogrammi koostamiseks ;
- b) teema annab hea võimaluse teha laboratoorset tööd ja kasutada näitlikke vahendeid ;
- c) teema käsitlemine koolides oli ajaliselt vastuvõetav programmi katsetamiseks.

Käesoleva programmi koostamisel püüti hoiduda seni esinenud eespool kirjeldatud tüüpilisematest vigadest. Omaette probleemiks on küsimus sellest, kas õpilane töötab iseisvalt või kasutab tagasiside kaadreid küsimustele vastamisel. Vahel võib ta neid kasutada ka tahtmatult (1). Et sellist olukorda võimalikult vältida, koostati käesolev programm struktuurilt hargprogrammina. Õpetamisprogramm teemal "Hapete koostis ja omadused" koosneb 41-st keskmise suurusega kaadrist, mis on paigutatud kümnele leheküljele. Siinjuures avaldame õpetamisprogrammi teemal "Hapete koostis ja omadused" tervikuna.

Hapete koostis ja omadused.

(Programmeeritud õpetamiseks)

1. Oma senises keemiakursuses oled juba kokku puutunud mõningate hapetega. Tuleta meelde millised need happed olid ja kirjuta nende hapete valemid !

Kontrolli, kas mäletad õigesti ! Selleks vaata kaader 4.

---

2. Keemiatööstuse ja rahvamajanduse seisukohalt on tähtsamateks hapeteks väävelhape .....  
soolhape .....  
lämmastikhape .....

Kirjuta nende hapete valemid ja kontrolli kaader 5.

---

3. Asume hapete koostise õppinise juurde. Võrdle järgmiste hapete valemeid !
- |             |                |
|-------------|----------------|
| $H_2SO_4$   | väävelhape     |
| HCl         | soolhape       |
| $HNO_3$     | lämmastikhape  |
| $H_4P_2O_7$ | pürofosforhape |

Valemitest nähtub, et kõikide hapete molekulide koostises on esimesel kohal a) .....  
Vesiniku aatomeid võib olla happe molekulis b) .....  
või c) .....

Kontrolli kaader 7.

- 
4. Need happed olid :
- |                |             |                               |
|----------------|-------------|-------------------------------|
| väävelhape     | - $H_2SO_4$ | ) kasutati vesiniku saamisel. |
| soolhape       | - HCl       |                               |
| lämmastikhape  | - $HNO_3$   |                               |
| ortofosforhape | - $H_3PO_4$ |                               |
| süsihape       | - $H_2CO_3$ |                               |
| väävlishape    | - $H_2SO_3$ |                               |

Jätka kaader 2.

- 
- 5.
- |               |             |
|---------------|-------------|
| väävelhape    | - $H_2SO_4$ |
| soolhape      | - HCl       |
| lämmastikhape | - $HNO_3$   |

Jätka kaader 3.

---

6. Eralda happe valemities püstkriipsuga vesiniku keemiline märk (koos indeksiga). Seda osa, mis on püstkriipsuga vesinikust eraldatud nimetatakse happejäägiks. Seega oleks siis eeltoodud hapete happejäägid järgmised :

$\text{H}/\underline{\text{Cl}}$	soolhape
$\text{H}_2/\underline{\text{SO}}_4$	väävelhape
$\text{H}/\underline{\text{NO}}_3$	lämmastikhape
$\text{H}_4/\underline{\text{P}}_2\underline{\text{O}}_7$	pürofosforhape
	happejääk

Jätka kaader 10.

---

7. a) vesiniku aatomid  
b) üks - näit. soolhape ( $\text{HCl}$ ) ja lämmastikhape ( $\text{HNO}_3$ )  
c) mitu - näit. väävelhape ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) ja  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$

Jätka kaader 6.

---

8. Kui eraldasid vesiniku aatomid püstkriipsuga, saidki happejäägid :

$\text{H}/\underline{\text{Br}}$	broomvesinikhape
$\text{H}_2/\underline{\text{SO}}_4$	väävelhape
$\text{H}_3/\underline{\text{PO}}_4$	ortofosforhape
	happejäägid

Jätka kaader 11.

---

9. a) vesinikust  
b) happejäägist

Jätka kaader 13.

---

10. Leia järgmiste hapete happejäägid: HBr – broomvesinikhape

$H_2SO_4$  – väävelhape

$H_3PO_4$  – ortofosforhape

Kontrolli oma vastuseid kaader 8.

---

11. Seega koosneb happe molekul a) ..... ja b) .....

Hape on liitaine, mille molekul koosneb ühest või mitmest vesiniku aatomist ja happejäägist.

Kontrolli kaader 9.

---

12. Happejäägi valentsi määrab vesiniku aatomite arv.

$\overset{I}{H}\overset{I}{Cl}$  (soolhape) üks H aatom, happejäägi valents I

$\overset{I}{H}_2\overset{II}{SO}_3$  (väävlishape) kaks H aatomit, happejäägi valents II

Jätka kaader 22.

---

13. Keemiliste reaktsioonide puhul happejäägid tavaliselt ei lagune, vaid ühinevad tervikuna kas vesiniku aatomitega või metalli aatomitega



Happejääk (.....) säilib tsinksulfaadi molekulis nii, nagu ta oli happe molekulis.

Kontrolli kaader 23.

---

14. a)  $\overset{\text{I}}{\text{H}} \overset{\text{I}}{\text{Cl}} \overset{\text{I}}{\text{O}}_4$  vesiniku aatomite arv määrab  
b)  $\overset{\text{I}}{\text{H}}_4 \overset{\text{IV}}{\text{P}}_2 \overset{\text{I}}{\text{O}}_7$  ju happejäägi valentsi !  
c)  $\overset{\text{I}}{\text{H}}_2 \overset{\text{II}}{\text{S}}_2 \overset{\text{I}}{\text{O}}_3$   
d)  $\overset{\text{I}}{\text{H}} \overset{\text{I}}{\text{I}}$

Jätka kaader 24.

---

15. Vaatleme edasi happejäägi valentsi .

Senisest keemiakursusest sa tead, et vesinik on alati .... valentne. Kui happejääk seab ühe vesiniku aatomi, siis happejääk on ühe valentne. Näit.  $\overset{\text{I}}{\text{H}} \overset{\text{I}}{\text{Cl}}$  (soolhape)

Mitme valentne on happejääk a) broomvesinikhappes - HBr  
b) lämmastikhappes - HNO<sub>3</sub>

Kontrolli oma vastuseid kaader 27.

---

16. Vastus on õige ! metüüloranži värvus muutub happes punaseks.

Jätka kaader 35.

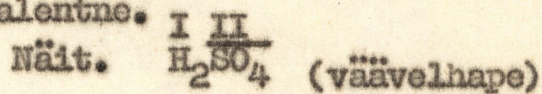
---

17. Happeid ei tohi maitsta, kuna nad omavad tugevat sööbivat toimet ka nahale ja limaskestadele.

Jätka kaader 32.

---

18. Kui happejääk seob kaks vesiniku aatomit, siis happejääk on kahevalentne.



Mitme valentne on happejääk a) süsihappes -  $\text{H}_2\text{CO}_3$   
b) väävlisahappes -  $\text{H}_2\text{SO}_3$

Kontrolli oma vastuseid kaader 28.

---

19. Seega määrab happejäägi valentsi ..... arv happe molekulis.

Vaata kaader 12.

---

20. a) vedelas - näit. väävelhape ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), soolhape ( $\text{HCl}$ ) jt.  
b) tahkes - näit. boorhape ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) jt.

Jätka kaader 26.

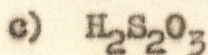
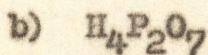
---

21. Vastus on vale ! Lakmuse lahus muudab oma värvust hapetes. Sinul jäi aga värvus muutumatuks. Teosta uuesti katse!

Vaata kaader 32.

---

22. Leia järgmiste hapete happejääk ja määrata selle valents!



Kontrolli oma vastuste õigsust kaadris 14.

---

23.  $H_2SO_4$  happejääk on ju ( $SO_4$ ). Jätka kaader 15.

---

24. Asume hapete omaduste tundmaõppimisele.

Tutvu hapete omadustega, mis on õpetaja ja sinu lauale välja pandud. Näed, et vedelate hapete hulka kuuluvad väävelhape ( $H_2SO_4$ ), soolhape ( $HCl$ ), lämmastikhape ( $HNO_3$ ) jt. Tahkete hapete hulka kuuluvad boorhape ( $H_3BO_3$ ), ortofosforhape ( $H_3PO_4$ ) jt. Seega võivad happed olla kas a)..... või b) ..... olekus.

Vaata kaader 20

---

25. Vastus on õige. Fenoolftaleiin oma värvust hapetes ei muuda.

Jätka kaader 37.

---

26. Klaastoru või klaaspulga abil tilguta puuvillasele riidetükile kontsentreeritud väävelhapet ( $H_2SO_4$ ). Jälgi hoolega mis toimub! Võta valge paberitükike ja tilguta sellele paar tilka kontsentreeritud lämmastikhapet ( $HNO_3$ ). Jälgi hoolega mis toimub!

Vaata kaader 40.

---

27. Vesinik on alati ühevalentne.

a)  $\overset{I}{H} \overset{I}{Br}$  sest happejääk seob ühe

b)  $\overset{I}{H} \overset{I}{NO_3}$  vesiniku aatomi

Jätka kaader 18.

---

28. a)  $\overset{\text{I}}{\text{H}_2} \overset{\text{II}}{\text{CO}_3}$  sest happejääk seob kahte vesiniku

b)  $\overset{\text{I}}{\text{H}_2} \overset{\text{II}}{\text{SO}_3}$  aatomit

Jätka kaader 19.

---

29. On kindlaks tehtud, et hapete molekulide koostisse kuuluvatest vesiniku aatomitest ongi tingitud hapete ühised omadused (hapu maitse, toime indikaatoritesse, võime reageerida teiste ainetega jne.).

Jätka kaader 41.

---

30. Kõikide hapete vesilahused on hapu maitsega. Selle omaduse järgi antigi neile nimetus "hape". Maitsta happeid ei tohi !

Miks ei tohi happeid maista ?

Vaata kaader 17.

---

31. Vastus on vale! Selliselt muudab fenoolftaleiin oma värvust ainult alustes. Teosta uuesti katse!

Vaata kaader 35.

---

32. Vala ühte katseklaasi veidi soolhapet (HCl) ja teise lämmastikhapet (HNO<sub>3</sub>), ning lisa siis mõlemasse katseklaasi paar tilka lakmuse lahust, jälgi hoolega mis toimub!

Vali kahest järgnevast vastusest õige !

Lakmuse lahus a) ei muutnud värvust. Vaata kaader 21.

b) värvus punaseks. Vaata kaader 36.

---

33. Vala katseklaasi veidi soolhapet (HCl) ja lisa paar tilka metüülورانžی lahust. Jälgi hoolega mis toimub ! Vali kahest järgnevast vastusest õige !

- Metüülورانž muutus a) punaseks - Vaata kaader 16  
b) kollaseks - Vaata kaader 38.
- 

34. muudavad

Jätka kaader 39.

---

35. Vala katseklaasi veidi soolhapet (HCl) ja lisa paar tilka fenoolftaleiini lahust. Jälgi hoolega mis toimub ! Vali kahest järgnevast vastusest õige !

- Fenoolftaleiin värvub a) vaarikapunaseks -  
Vaata kaader 31.  
b) jääb värvusetuks -  
Vaata kaader 25.
- 

36. Vastus on õige ! Lakmus värvub hapetes punaseks.

Jätka kaader 33.

---

37. Seega happed ..... teatud indikaatorite värvust.

Kontrolli kaader 34.

---

38. Vastus on vale ! Metüülورانž on tavaliselt kollase värvusega, hapetes ta aga muudab oma värvust. Teosta uuesti katse !

Vaata kaader 33.

---

39. Nagu eeltoodust järeldub, on hapetel terve rida ühiseid omadusi. Millest see on tingitud?

Vaata kaader 29.

---

40. Happed on sööbiva toimega. Nad lagundavad ja söövitavad mitmesuguseid aineid : puitu, paberit, riidet, nahka jt.

Jätka kaader 30.

---

41. Kuna happed oma koostiselt ja omadustelt on sarnased keemilised ühendid, moodustavad nad omaette keemiliste ühendite - hapete klassi.

---

Õpetamisprogrammi lähemal vaatlemisel võib märgata, et kaadrite järjekord on võrdlemisi segi paisatud. See tagab olukorra, kus õpilased ei saa jätta lugemata ühtegi informatsiooni kaadrit, ega jätta vastamata ühelegi küsimusele. Samuti suunatakse õpilasi sel teel oma vastuste õigsust kontrollima, kuna viide uuele informatsiooni kaadrile on antud tagasiside kaadri lõpus. Juhul kui õpilased tegid kõik katsed õigesti, ei tule neil lugeda kolme tagasiside kaadrit (21; 31; 38), sest seal antud valikvastused on ebaõiged antud tingimustes. Kaadrite paigutamisel on arvestatud asjaolu, et kaader tervikuna peab olema õpilasel korraga silmade ees. Nii saab õpilane tervikliku kujutuse antud kaadrist. Seega kaadreid poolitada ja ülekanada teisele leheküljele ei tohi. Tagasiside kaadreid ei ole soovitatav paigutada kontrollküsimustele ja ülesannetele liiga lähedale (eriti siis, kui tagasiside kaader järgneb kontrollküsimusele).

Valdav enamik programmis esinevaid küsimusi nõuavad vastuse iseseisvat konstrueerimist - tuleb täita lüngad

puuduvate sõnadega, valemitega jne., vastata küsimustele või lahendada lihtne ülesanne. Kuna keemias on näitlikustamise printsiibil eriline tähtsus, juhitakse programmis õpilaste tähelepanu nende hapete omadustele, mis on õpetaja ja tema enda lauale välja pandud. Ühestki heast keemia tunnist ei tohi puududa katsed (muidugi kui seda nõuab antud teema). Ka sellele on mõeldud käesoleva õpetamisprogrammi koostamisel. Hapete omaduste tundmaõppimisel sooritavad õpilased terve rea katseid, kusjuures eeskirja leiavad nad programmi vastavast kaadrist. Õpetamisprogrammi selles osas on kasutatud kohati ka valikvastuste meetodit. Kuna tegemist on indikaatorite (lakmus, metüüloranž) värvuse muutumisega hapetes, siis tekkinud olukord on täiesti eluline (see on ju keskkonna happelisuse määramine) ja valikvastuste kasutamine igati õigustatud. Vastuse variante on ainult kaks (näit. lakmuselahus muutub punaseks või siniseks), kuid mõlemad variandid vastavad täiesti tegelikule olukorrale. Õige vastuse mõistatamine langeb ära, kuna vastuse saavad õpilased laboratoorse töö tulemusena. Õpetamisprogrammis on kasutatud otsesest pöördumist õpilase poole. Iga kaadri lõpus on viide kust õppimist jätkata.

Sobiva teema (see on "Hapete koostis ja omadused") valikule järgneb põhiliste teadmiste ja oskuste välja selgitamine, milliseid sooviti õpilastes kujundada. Tähtsamad oleksid: oskus määrata happejäägi valentsi ja keskkonna happelisust indikaatorite abil, defineerida happeid, kirjeldada nende koostist ja omadusi. Seejärel esitati kogu materjal, mida kavatseti programmeerida, rangelt loogilises järjestuses programmeerimata kujul. Esitatava materjali mahu kindlaksmääramisel kasutati ENSV Haridusministeeriumi poolt kehtestatud keemia programmi 1964/65. õppeaastaks ning H. Kariku, K. Prinkmani ja V. Ratasseppe keemia õpikut 7-ndale klassile 1964. a. väljaanne. Nüüd jagati kogu materjal kaadriteks. Kaadrite paigutamisel arvestati kõiki eelpool kirjeldatud asjaolusid. Kuna kaadrite paigutamine programmis (eriti suure-

ma arvu kaadrite korral) on võrdlemisi tülikas ilma ülevaate kogu programmist, kasutati nende paigutamisel järgmist abivõtet. Pärast õppematerjali kaadriteks jagamist nummerdati kõik kaadrid, mis sisaldavad informatsiooni või kontrollküsimusi, araabia numbritega. Neile vastavad tagasiside kaadrid nummerdati sama arvuga rooma numbrites. Valikvastuste korral lisati veel täiendavalt a ja b, kusjuures a tähistas alati antud tingimustes õiget vastust. Ülevaate andmiseks on toodud kogu teema "Hapete loostis ja omadused" pärast kaadriteks jagamist. Kaadri vasakul nurgal on vastav number (kas rooma või araabia)

1. Oma senises keemiakursuses oled juba kokku puutunud mõningate hapetega. Tuleta meelde millised need happed olid ja kirjuta nende hapete valemid !

Kontrolli kas mäletad õigesti ! Selleks vaata kaader

---

I Need happed olid :   väävelhape -  $H_2SO_4$    Kasutati vesiniku saamiseks.  
                          soolhape     -  $HCl$   
                          lämmastikhape   -  $HNO_3$   
                          ortofosforhape   -  $H_3PO_4$   
                          süsihape       -  $H_2CO_3$   
                          väävlishape     -  $H_2SO_3$

Jätka kaader

---

2. Keemiatööstuse ja rahvamajanduse seisukohalt on tähtsamateks hapeteks väävelhape .....  
                          soolhape       .....  
                          lämmastikhape .....

Kirjuta nende hapete valemid ja kontrolli kaader.

---

- II           väävelhape -  $H_2SO_4$   
               soolhape -  $HCl$   
               lämmastikhape -  $HNO_3$

Jätka kaader.

3. Asume hapete koostise õppimise juurde. Võrdle järgmiste hapete valemteid !

$H_2SO_4$	väävelhape
$HCl$	soolhape
$HNO_3$	lämmastihape
$H_4P_2O_7$	pürofosforhape

Valemitest nähtub, et kõikide hapete molekulide koostises on esimesel kohal a) .....

Vesiniku aatomeid võib olla happe molekulis b) .....

või c) .....

Kontrolli kaader .

- III a) vesiniku aatomid  
 b) üks - näit. soolhape ( $HCl$ ) ja lämmastikhape ( $HNO_3$ )  
 c) mitu - näit. väävelhape ( $H_2SO_4$ ) ja  $H_4P_2O_7$

Jätka kaader.

4. Eralda happe valemites püstkriipsuga vesiniku keemiline märk, (koos indeksiga). Seda osa, mis on püstkriipsuga vesinikust eraldatud nimetatakse happejäägiks. Seega oleks siis eeltoodud hapete happejäägid järgmised :

$H/Cl$	soolhape
$H_2/SO_4$	pürofosforhape
$H/NO_3$	väävelhape
$H_4/P_2O_7$	lämmastikhape

happejääk

Jätka kaader .

5. Leia järgmiste hapete happejäägid :

HBr - broomvesinikhape

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - väävelhape

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> - ortofosforhape

Kontrolli oma vastuseid kaader .

---

V Kui eraldasid vesiniku aatomid püstkriipsuga, saidki happejäägid :

H/Br broomvesinikhape

H<sub>2</sub>/SO<sub>4</sub> väävelhape

H<sub>3</sub>/PO<sub>4</sub> ortofosforhape

happejäägid

Jätka kaader .

---

6. Seega koosneb happe molekul a) ..... ja b) .....

Hape on liitaine, mille molekul koosneb ühest või mitmest vesiniku aatomist ja happejäägist.

Kontrolli kaader .

---

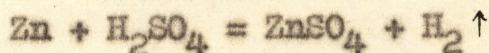
VI a) vesinikust

b) happejäägist

Jätka kaader .

---

7. Keemiliste reaktsioonide puhul happejäägid tavaliselt ei lagune, vaid ühinevad tervikuna kas vesiniku aatomitega või metalli aatomitega



Happejääk (.....) säilib tsinksulfaadi molekulis nii, nagu ta oli happe molekulis .

Kontrolli kaader .

---

VII  $\text{H}_2\text{SO}_4$  happejääk on ju ( $\text{SO}_4$ ).

Jätka kaader .

---

8. Vaatleme edasi happejäägi valentsi.

Senisest keemiakursusest sa tead, et vesinik on alati .... valentne. Kui happejääk seob ühe vesiniku aatomi, siis happejääk on ühe valentne. Näit.  $\frac{\text{I}}{\text{H}} \frac{\text{I}}{\text{Cl}}$  (soolhape).

Mitme valentne on happejääk a) broomvesinikhappes -  $\text{HBr}$   
b) lämmastikhappes -  $\text{HNO}_3$

Kontrolli oma vastuseid kaader .

---

VIII Vesinik on alati ühevalentne.

a)  $\frac{\text{I}}{\text{H}} \frac{\text{I}}{\text{Br}}$  sest happejääk seob ühe

b)  $\frac{\text{I}}{\text{H}} \frac{\text{I}}{\text{NO}_3}$  vesiniku aatomi

Jätka kaader

---

9. Kui happejääk seob kaks vesiniku aatomit, siis happejääk on kahevalentne. Näit.  $\overset{\text{I}}{\text{H}_2}\overset{\text{II}}{\text{SO}_4}$  (väävelhape)

Mitme valentne on happejääk a) süsihappes -  $\text{H}_2\text{CO}_3$

b) väävlisshappes -  $\text{H}_2\text{SO}_3$

Kontrolli oma vastuseid kaader .

---

IX

a)  $\overset{\text{I}}{\text{H}_2}\overset{\text{II}}{\text{CO}_3}$  sest happejääk seob kahte vesiniku

b)  $\overset{\text{I}}{\text{H}_2}\overset{\text{II}}{\text{SO}_3}$  aatomit.

Jätka kaader

---

10. Seega määrab happejäägi valentsi ..... arv happe molekulis.

Vaata kaader .

---

X Happejäägi valentsi määrab vesiniku aatomite arv.

$\overset{\text{I}}{\text{H}}\overset{\text{I}}{\text{Cl}}$  (soolhape) üks H aatom, happejäägi valents I

$\overset{\text{I}}{\text{H}_2}\overset{\text{II}}{\text{SO}_3}$  (väävlisshape) kaks H aatomit, happejäägi valents II

Jätka kaader.

---

11. Leia järgmiste hapete happejääk ja määrä selle valentsi

a)  $\text{HClO}$

b)  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$

c)  $\text{H}_2\text{S}_2\text{O}_3$

d)  $\text{HI}$

Kontrolli oma vastuste õigsust kaadris.

---

- XI
- a)  $\overset{\text{I}}{\text{H}} \overset{\text{I}}{\text{Cl}} \overset{\text{I}}{\text{O}_4}$  vesiniku aatomite arv määrab
- b)  $\overset{\text{I}}{\text{H}_4} \overset{\text{IV}}{\text{P}} \overset{\text{I}}{\text{O}_7}$  ju happejäägi valentsi ↓
- c)  $\overset{\text{I}}{\text{H}_2} \overset{\text{II}}{\text{S}} \overset{\text{I}}{\text{O}_3}$
- d)  $\overset{\text{I}}{\text{H}} \overset{\text{I}}{\text{I}}$
- Jätka kaader .
- 

12. Asume hapete omaduste tundmaõppimisele.

Tutvu hapete omadustega, mis on õpetaja ja sinu lauale välja pandud. Näed, et vedelate hapete hulka kuuluvad väävelhape ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), soolhape ( $\text{HCl}$ ), lämmastikhape ( $\text{HNO}_3$ ) jt. Tahkete hapete hulka kuuluvad boorhape ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), ortofosforhape ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) jt. Seega võivad happed olla kas a) ..... või b) ..... olekus.

Vaata kaader.

---

- XII a) vedelas -- näit. väävelhape ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), soolhape ( $\text{HCl}$ ) jt
- b) tahkes -- näit. boorhape ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) jt.
- Jätka kaader .
- 

13. Klaastoru või klaaspulga abil tilguta puuvillasele riidetükile kontsentreeritud väävelhapet ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Jälgi hoolega mis toimub! Võta valge paberitükike ja tilguta sellele paar tilka kontsentreeritud lämmastikhapet ( $\text{HNO}_3$ ). Jälgi hoolega mis toimub!
- Vaata kaader .
-

XIII Happed on sööbiva toimega. Nad lagundavad ja söövitavad mitmesuguseid aineid : puitu, paberit, riidet, nahka jt.

Jätka kaader .

---

14. Kõikide hapete vesilahused on hapu maitsega. Selle omaduse järgi antigi neile nimetus "hape". Maitsta happed ei tohi !

Miks ei tohi happed maitsta ?

Vaata kaader .

---

XIV Happed ei tohi maitsta, kuna nad omavad tugevat sööbivat toimet ka nahale ja limaskestadele.

Jätka kaader .

---

15. Vala ühte katseklaasi veidi soolhapet ( $\text{HCl}$ ) ja teise lämmastikhapet ( $\text{HNO}_3$ ), ning lisa siis mõlemasse katseklaasi paar tilka lakmuse lahust. Jälgi hoolikalt mis toimub!

Vali kahest järgnevast vastusest õige !

Lakmuse lahus a) ei muutnud värvsut.

Vaata kaader.

b) värvus punaseks

Vaata kaader .

---

XV a Vastus on õige ! Lakmus värvub hapetes punaseks.

Jätka kaader.

---

XV b Vastus on vale! Lakmuse lahus muudab oma värvsut hapetes. Sinul jäi aga värvus muutumatuks. Teosta uuesti katse !

Vaata kaader .

---

16. Vala katseklaasi veidi soolhapet (HCl) ja lisa paar tilka metüüloranži lahust. Jälgi hoolega mis toimub! Vali kahest järgnevast vastusest õige !

- Metüüloranž muutus a) punaseks - Vaata kaader.  
b) kollaseks - Vaata kaader .
- 

XVI a Vastus on õige ! Metüüloranži värvus muutub happes punaseks .

Jätka kaader.

---

XVI b Vastus on vale ! Metüüloranž on tavaliselt kollase värvusega, hapetes ta aga muudab oma värvust. Teosta uuesti katse!

Vaata kaader .

---

17. Vala katseklaasi veidi soolhapet (HCl) ja lisa paar tilka fenoolftaleiini lahust. Jälgi hoolega mis toimub! Vali kahest järgnevast vastusest õige !

- Fenoolftaleiin värvub a) vaarikapunaseks - Vaata kaader  
b) jääb värvusetuks - Vaata kaader
- 

XVII a Vastus on õige! Fenoolftaleiin oma värvust hapetes ei muuda.

Jätka kaader .

---

XVII b Vastus on vale ! Selliselt muudab fenoolftaleiin oma värvust ainult alustes. Teosta uuesti katse !

Vaata kaader .

---

18. Seega happed ..... teatud indikaatorite värvust.  
Kontrolli kaader .

---

XVIII muudavad.  
Jatka kaader .

---

19. Nagu eeltoodust järeldub, on hapetel terve rida ühiseid omadusi. Millest see on tingitud ?  
Vaata kaader

---

XIX On kindlaks tehtud, et hapete molekulide koostisse kuuluva-  
test vesiniku aatomitest ongi tingitud hapete ühised oma-  
dused (hapu maitse, toime indikaatoritesse, võime reageeri-  
da teiste ainetega jne.).  
Jätka kaader .

---

20 Kuna happed oma koostiselt ja omadustelt on sarnased  
keemilised ühendid, moodustavad nad omaette keemiliste  
ühendite - hapete klassi.

Kaadrid pärast paigutamist programmi nummerdati järjest  
1 - 41 selleks, et õpilased leiaksid kergesti üles soovitud  
kaadri. Kaadrite paigutamisel on oluline, et sissejuhatav  
kaader oleks ka programmis esimesel kohal. Paigutades kaad-  
reid esialgu numbrite järgi (muidugi arvestades kõiki kaad-  
rite paigutamise nõudeid) saadi järgmine skeem. Vasakul on  
kaadrite numbrid pärast paigutamist programmi, paremal aga  
pärast kaadriteks jagamist.

1. - 1	22. - 11
2. - 2	23. - VII
3. - 3	24. - 12
4. - I	25. - XVII <u>a</u>
5. - II	26. - 13
6. - 4	27. - VIII
7. - III	28. - IX
8. - V	29. - XIX
9. - VI	30. - 14
10. - 5	31. - XVII <u>b</u>
11. - 6	32. - 15
12. - X	33. - 16
13. - 7	34. - XVIII
14. - XI	35. - 17
15. - 8	36. - XV <u>a</u>
16. - XVI <u>a</u>	37. - 18
17. - XIV	38. - XVI <u>b</u>
18. - 9	39. - 19
19. - 10	40. - XIII
20. - XII	41. - 20
21. - XV <u>b</u>	

Selle skeemi järgi on kaadrite paigutamine juba lihtne. Eriti lihtne on leida viiteid tagasiside kaadreile. Näiteks huvitab meid tagasiside kaader, kus on toodud vastused kaadris 9 esitatud küsimustele (programmis kaader 18.). Selleks otsime skeemilt rooma numbrites IX ja leiame tagasiside kaadri numbril 28. Seega tuleb 18-nda kaadri lõpus õpilasi suunata oma vastuseid kontrollima kaadrist 28.

Vahetult pärast õpetamisprogrammi koostamise lõpetamist katsetati programmi kahe õpilasega. Huvi pakkus peamiselt kaks küsimust - kas selline õppematerjali käsitlemine on 7-nda klassi õpilastele jõukohane ja kas suudavad õpilased selle läbi töötada ühe koolitunni jooksul. Õpilased valiti

keskmise õppeedukusega õpilaste hulgast (veerandihinded keemias 3 ja 4). Kuna esialgne katse andis positiivse tulemuse, asuti õpetamisprogrammi teemal "Hapete koostis ja omadused" massilisele katsetamisele.

### Pedagoogilise eksperimendi läbiviimine.

Selleks, et saada küllalt usutavaid katseandmeid, püüti programmi katsetamist läbi viia võimalikult suure õpilaste arvuga. Ülevaate koolidest, kus katsetati programmeeritud õpetamist antud teemal, aga samuti eksperimendist osavõtnud õpilaste arvust nii eksperimentaal - kui ka kontrollklassides, annab alljärgnev tabel.

Tabel 2 .

Kool	Eksperimentaal- klassi õpilaste arv.*	Kontrollklassi õpilaste arv.*
Tartu 2. Keskkool	36	36
Tartu 7. Keskkool	36	34
Tartu 8. Keskkool	31	32
Tartu 10. 8-kl. Kool	30	-
Tartu 13. 8-kl. Kool	26	32
Tallinna 1. Keskkool	30	-
Järvakandi Keskkool	32	-
Rapla Keskkool	-	20
Kokku õpilasi	221	154

\* Märkus: Eksperimentaal- ja kontrollklassi õpilaste arvu all mõeldakse nende õpilaste arvu, kes olid tunnis uue aine käsitlemisel (kas õpetamisprogrammiga või ilma) ja teostasid järgmisel tunnil tunnikontrolli.

Kuna õpetamisprogrammi teemal "Hapete koostis ja omadused" kasutamine eeldab hapete teema deduktiivset käsitlemist, muudeti hapete õppimise järjekorda võrreldes õpikuga, kus happeid on käsitletud induktiivselt. Esimese teemana hapetest käsitleti koostist ja omadusi ning alles järgnevatel tundidel asuti hapete üksikute esindajate juurde. Selleks, et katseandmed oleksid võrreldavad, õpetati ka kontrollklassides happeid samas järjekorras.

Tunniks, kus käsitleti hapete koostist ja omadusi, asetati igale lauale (nii eksperimentaal - kui ka kontrollklassides) kõik vajalikud reaktiivid ja laboratoorse töö vahendid sellistes kogustes, et katseid oleks võimalik teha igal õpilasel individuaalselt. Õpetaja lauale pandi välja terve rida happeid, et õpilased saaksid tutvuda nende omadustega (põhiliselt hapete olekuga). Vajalike reaktiivide ja laboratoorse töö vahendite nimekiri on ära toodud käesoleva töö lisa (vt. lisa nr.1). Sel teel loodi ühesugused tingimused uue aine omandamiseks eksperimentaal- ja kontrollklassides.

Tund eksperimentaalklassides algas 5-minutilise juhiste andmisega õpilastele. Kuna õpilased puutusid kokku esmakordselt programmeeritud õpetamisega, oli juhend võrdlemisi üksikasjalik. Selle tekst oli järgmine:

Sinu ees on programmeeritud tekst. Selle järgi õppimine on erinev õppimisest tavalise õpiku järgi. Programmeeritud tekst ise annab sulle ülesandeid, küsimusi, parandab sinu vastuseid jne. Kogu materjal on jagatud kaadriteks. Kuigi kaadrid on nummerdatud järjest, ei loeta programmeeritud teksti sellises järjekorras. Iga kaadri lõpust leiad järgmise kaadri numbri, kust õppimist jätkata.

Selleks, et edukalt selle programmi järgi õppida, täida järgmisi nõuandeid :

1. Varu sulle paber !
2. Õppimist alusta kaadrist nr.1 !
3. Loe aeglaselt läbi kaadris antud materjal ja mõt-

le selle üle põhjalikult järele !

4. Kirjuta paberile kaadri number ja selle taha oma vastus või vastused!
5. Kontrolli oma vastust kaadri <sup>lopus</sup> antud viite järgi!
6. Paranda vead ja asu uue kaadri õppimisele!
7. Lahenda kõik ülesanded ja teosta kõik katsed, mis programmis on ette nähtud !
8. Tööta iseseisvalt!
9. Kogu materjali pead omandama põhjalikult antud tunni jooksul !

Kuigi eeltoodud juhend oli mõeldud ettelugemiseks õpilastele, esitati see siiski igal pool vabas jutustuse vormis. Veel juhiti õpilaste tähelepanu kahele täiendavale asjaolule:

- a) kuna laboratoorne töö sisaldab katseid kontsentreeritud hapetega, tuleb olla nendega töötamisel väga ettevaatlik ja täpselt täita laboratoorse töö eeskirju ;
- b) võimalikult lühidalt kirjutada üles oma vastused, et mitte liigselt kulutada aega kirjutamisele.

Nüüd jagati igale õpilasele õpetamisprogrammid. Programme ei jagatud välja kohe tunni alguses põhjusel, et mitte hajutada õpilaste tähelepanu juhiste andmise ajal. Kõik programmid olid eelnevalt varustatud paberilehega, et õpilased saaksid oma vastuseid üles märkida. Nüüd järgnes terve tund õpilaste iseseisvat tööd, kusjuures individuaalset abi osutasid õpilastele aineõpetaja ja eksperimentaator. Aineõpetaja abi õpilastele osutus aga igal pool väga erinevaks, sõltuvalt õpetaja eelnevast süvenemisest uude õpetamismeetodisse. Neid küsimusi puudutatakse põhjalikumalt edaspidi efektiivsuse hindamisel. 1 - 2 minutit enne tunni lõppu koguti õpilastelt õpetamisprogrammid. Vastuste ja märkmetega lehed jäeti õpilastele kordamiseks, väljaarvatud kahel juhul, kus koguti õpilaste märkmed selleks, et saada teatud ülevandet

õpilaste iseseisvast tööst tunnis. Koduseks ülesandeks jäi antud teema veelkord õppida õpiku järgi.

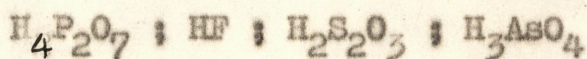
Kontrollklassides käsitlesid õpetajad hapete koostist ja omadusi 25 - 30 minuti ulatuses. Ülejäänud tunni osa kuulus tunni organiseerimiseks, küsitlemiseks ja koduste ülesannete andmiseks. Kontrollklasside õpilased teostasid samal laboratoorse töö mis eksperimentaalklasside õpilasedki, kuid õpetajate seletuste järgi. Kodune ülesanne oli neil täpselt sama mis eksperimentaalklasside õpilastelgi.

Kohe järgneval keemia tunnil teostati tunnikontroll. Tunnikontrolli küsimused olid ühesugused nii eksperimentaalkui ka kontrollklasside õpilastele. Tunnikontroll viidi läbi kahes rühmas, igas viis küsimust. Tunnikontrolli küsimuste koostamisel peeti silmas, et mõlema rühma küsimused oleksid ühesuguse raskusastmega ja võimaluste piires analoogsed. Igale õpilasele jagati paber ja tunnikontrolli küsimused. Järgnevalt on toodud mõlema rühma tunnikontrolli küsimused, õiged vastused ja hindamissüsteem.

### I rühm

#### Küsimused

1. Nimeta kõik teadaolevad happed ja kirjuta nende valemid!
2. Kirjelda hapete omadusi !
3. Millise värvusega on fenoolftaleiinilahus hapetes?
4. Mis määrab hapete happejäägi valentsi ?
5. Leia järgmiste hapete happejääk ja määrata nende valents!



#### Vastused ja punktide arv

1.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  - väävelhape  
 $\text{HCl}$  - soolhape  
 $\text{HNO}_3$  - lämmastikhape  
 $\text{H}_2\text{CO}_3$  - süsihape
- 12 punkti

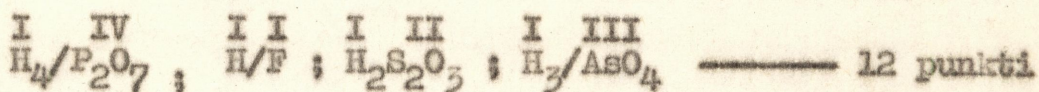
Iga õigesti kirjutatud happe valem koos nimetusega andis 3 punkti (Nõutav oli teada 4 hapet).

2. Happed on vedelas ja tahkes olekus, on hapu maitsega, sööbiva toimega ja muudavad indikaatorite värvust (lakmus ja metüüloranž muutuvad punaseks) ----- 16 punkti

Iga õigesti kirjeldatud omadus andis 4 punkti.

- 3 Värvuseta ----- 4 punkti

4. Vesiniku aatomite arv ----- 6 punkti



Iga õigesti määratud valents andis 3 punkti

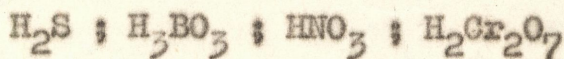
---

50 punkti

## II rühm

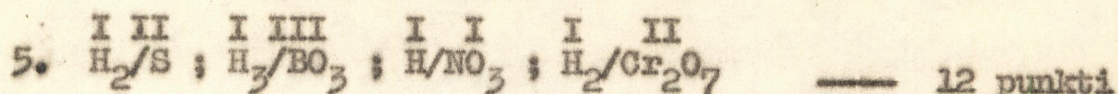
### Küsimused

1. Kirjuta happe definitsioon !
2. Kuidas muudab oma värvust lakmuselahus hapetes ?
3. Kirjelda hapete koostist näite varal !
4. Millest on tingitud hapete ühised omadused ?
5. Leia järgmiste hapete happejääk ja määra nende valents !



### Vastused ja punktide arv.

1. Hape on liitaine mille molekul koosneb ühest või mitmest vesiniku aatomist ja happejäägist. ----- 10 punkti
- 2 Lakmus muutub hapetes punaseks ----- 8 punkti
- 3  $\text{H}_3/\text{PO}_4$  ----- 14 punkti  
vesiniku happejääk  
aatomid  
K koosneb ühest või mitmest vesiniku aatomist ja happejäägist
4. Vesiniku aatomitest ----- 6 punkti



Iga õigesti määratud valents andis  
3 punkti

---

50 punkti

Nagu nähtub eeltoodust, on võimalik koguda 50 punkti, kui kõik vastused on õiged ja täielikud. Rahuldava hinde saamiseks on tarvis saada vähemalt 28 punkti ehk 56 %, hea hinde saamiseks piisab 36 punktist ja väga hea alamääraks on 44 punkti :

Hinne "5" : 44 kuni 50 punkti

Hinne "4" : 36 kuni 43 punkti

Hinne "3" : 28 kuni 35 punkti

Sellist hindamissüsteemi kasutades parandati kõigi eksperimentaal- ja kontrollklasside õpilaste tunnikontrollid. Saadud hindeid kasutati programmeeritud õpetamise efektiivsuse arvutamiseks.

Programmeeritud õpetamise tulemustest ja  
efektiivsuse arvutamisest.

Tundide jälgimisel eksperimentaalklassides ilmes terve rida asjaolusid, mis räägivad programmeeritud õpetamise kasuks. Enamikus need küll kinnitavad seniseid teoreetilisi seisukohti, kuid lisavad ka mõndagi uut puht keemia õpetamise seisukohalt. Järgnevalt peatume neil momentidel üksikasjalikumalt.

Juba esimestes tundides, kus kasutati õpetamisprogramme, üllatas erakordselt hea distsipliin, mis sugugi ei halvenenud kui õpilased teostasid laboratoorset tööd. Väga tihti kurdavad õpetajad, et kord läheb käest ära just siis, kui teha laboratoorne töö. Ei kuulata ära õpetaja seletusi, vaid

hakatakse kohe omapead katseid tegema. Sellist olukorda aga ei esinenud üheski klassis, kus õpetati õpetamisprogrammi järgi. Ka halvema käitumisega klassid säilitasid eeskujuliku distsipliini kogu tunni vältel. Mis siis põhjustas hea distsipliini? Kõigepealt see, et oli kõrvaldatud igasugused passiivsed momendid, kus õpilastel puudus kindel tegevus - kaasõpilaste vastuste ja õpetaja seletuste kuulamine, ootamine millal terve klass antud katse teostab või ülesande lahendab jne. Õpetamisprogrammi abil õnnestus täielikult aktiveerida õpilasi tähelepanelikult ja keskendunult iseseivalt töötama. Sellist keskendumist ja tähelepanu jätkus õpilastel kuni tunni lõpuni.

Hea töömeeleolu tagas ka individuaalne õppimistempe. Õpilane võis ju töötada sõltumata kogu klassist ja pinginaabrist (laboratoorse töö tegemisel). Eriti efektiivseks osutus individuaalse õppimistempe rakendamine laboratoorse töö läbiviimisel. Kuna laboratoorne töö nähti ette õpetamisprogrammi lõpuosas, oli erinevus õppimistempodes niivõrd suurenenud, et kujunes välja olukord kus enamik õpilasi tegi laboratoorset tööd eriaegadel. See tagas ühelt poolt hea distsipliini ja ohutu töötamise keemiliste reaktiividega (eriti kontsentreeritud hapetega), kuna ohtlikud momendid olid hajutatud pikemale ajavahemikule; teiselt poolt muutus õpilaste laboratoorse töö teostamine paremini kontrollitavaks ja juhita- vaks. Tavalises õppetunnis on õpilaste laboratoorset tööd raske jälgida, veel vähem individuaalset abi osutada. Läbi- viidud katse õpetamisprogrammidega näitas, et on võimalik jälgida kõiki õpilasi ja vajaduse korral ka juhendada laboratoorse töö tegemisel.

Ka kõige kogenenum õpetaja võib eksida arvates, et kogu klass võtab aktiivselt tunnist osa, sest tal puuduvad objektiivsed andmed õpilaste tegevuse kohta. Küllalt on juhuseid, kus hästi distsiplineeritud ja tunnis näiliselt tähelepanelik õpilane jõuab edasi rahuldavalt või koguni puudulikult. Võib ju arvata, et õpetaja seletuste ajal mõtleb see õpi-

lane hoopis millestki muust ; kuid küsimus on selles, kuidas seda kindlaks teha. Õpetamisprogrammi kasutamisel avanes hea võimalus õpilaste edasijõudmist pidevalt kontrollida. Kerge oli märgata, kui mõni õpilane ei saanud millestki aru või jäi kaasõpilastest tunduvalt maha. Kohe selgitati mahajäämise põhjus eksperimentaatori või aineõpetaja poolt ja abistati õpilast. Kasutades õpetamisprogrammi on võimalik erilist tähelepanu osutada neile õpilastele, kes jõuavad halvasti edasi ja kellel on ainega raskusi. Pealegi on halvavad hinded tihti põhjustatud mitte kaasatöötamisest tunnis, laiskusest jne. Eksperimendi läbiviimisel jälgiti mõnel pool kuidas õpetamisprogrammi kasutamine mõjub rahuldavalt ja puudulikult edasijõudvatele õpilastele. Siinjuures võib tuua mõned näited teostatud vaatluste kohta.

Eksperimentaator tundis õpilast K. kui distsiplineerimatut ja halva õppeedukusega õpilast. Õpetamisprogrammiga töötas õpilane K. väga tähelepanelikult ja hoolikalt, lõpetas töö esimeste hulgas ning tulemus - tunnikontrolli hinne 4 (38 punkti). Veel teinegi näide selle kohta, kuidas võimaldab õpetamisprogrammi kasutamine lülitada nõrgemaid õpilasi aktiivsele kaasatöötamisele tunnis. Õpilane P. oli kindel klassikursuse kordaja kandidaat. Puudulik hinne oli tal ka keemias. Koolis levis arvamus, et õpilane P. kuulub nõrgeimate hulka, ega ole võimeline töötama koos teistega. Pärast tundi, kus kasutati õpetamisprogrammi, pidi terve rida õpetajaid oma arvamust õpilase P. kohta muutma. Töötades terve tunni väga püüdliselt, kirjutas õpilane P. tunnikontrolli hindele 5 (44 punkti). Nagu selgus hilisemast juutuajamisest tema õpetajaga, on õpilane P. ennast sellest ajast tublisti parandanud. Igas keemia tunnis püüab kõike üles märkida, tõstab kätt ja käitub korrektselt. Selliseid näiteid võiks tuua veel rohkesti. Parema ülevaate saamiseks eksperimendi tulemustest on käesoleva töö lisas (nr.2; 3 ja 4) ära toodud kolme eksperimentaalklassi õpilaste veerandi-

ja tunnikontrolli hinded ning saadud punktide arv. Sellest nähtub kui iseloomulik on tõusutendents hinnetes nii üksikute õpilaste (eriti nõrgemate) kui ka klassi keskmise hinde osas. Huvi pakub fakt, et 107-st keemias puudulikke ja rahuldavaid veerandihindeid omavast eksperimentaalklasside õpilasest kirjutas tunnikontrolli hindele "5" 18 õpilast, hindele "4" 38 õpilast, hindele "3" 25 õpilast ja hindele "2" 26 õpilast. Seega väga heade ja heade hinnete protsent on suurem kui 50. Esialgse järeldusena võib öelda, et need õpilased kuuluvad küllalt võimekate õpilaste hulka, kuid selliste õppemeetodite juures ei ole aktiivselt õppeprotsessist osavõtnud.

Küsimusele, kas õpilased iseseisvalt lahendasid kõik ülesanded ja vastasid küsimustele või kasutasid kohe tagasiside kaadreid, andis teatava vastuse õpilaste tunnis tehtud märkmete kogumine ja läbivaatamine, mida tehti kahes eksperimentaalklassis. Nagu nende märkmete lähem analüüs näitas on umbes 75% õpilastest iseseisvalt töötanud. Seda kinnitasid tehtud parandused valentsi määramisel ja hapete valemite kirjutamisel, ning katse tulemuste kirjeldused. Ülejäänud õpilastel 25% esines aga sõna-sõnalt programmist mahakirjutatud lauseid.

Asjaolu, et esineb olukordi, kus programmeeritud õpetamine (muidugi hea õpetamisprogrammiga) on alati efektiivsem kui programmeerimata õpetamine, mida teostab väga kogenenud õpetaja ja et esineb ka olukordi, kus programmeerimata õpetamine, mida teostab keskpärane õpetaja on alati efektiivsem kui programmeeritud õpetamine, on praktikas suur tähtsus (5)

Tartu 10.-ndas 8-klassilises koolis oli tund väga hästi organiseeritud. Tahvlile oli kirjutatud vaheajal instruksioon õpilastele, kuigi seda ka seletati veel tunni alguses. Õpetaja oli väga põhjalikult tutvunud õpetamisprogrammi sisuga, oskas hästi õpilasi abistada ja luua klassis töömeeleolu. Õpetaja oli huvitatud katse läbiviimisest ja tulemusest. Nagu selgus hiljem teistes koolides, polnud ükski õpetaja sel-

lise põhjalikkusega asjasse süvenenud. Sellepärast olid ka tulemused head. Tunnikontrolli kirjutas 30 õpilast.

Tunnikontrolli hinded :

"5" - 10

"4" - 13

"3" - 5

"2" - 2

---

Positiivse hinde % - 93,4 %

"5" ja "4" % - 76,7 %

Tunnikontrolli keskmine hinne oli 4,03.

Lähemalt võib selle eksperimentaalklassi hinnetega tutvuda lisas nr. 2. Võrdlemisi hästi oli organiseeritud tunnid ka Tartu 2. Keskkooli ja Tartu 13. 8-klassilise Kooli eksperimentaalklassides. Ka nende klasside hinded on teravikuna ära toodud lisas (nr.3 ja 4).

Hoopis teistlaadi olukord oli Järvakandi Keskkoolis. Eksperimentaator seal ei viibinud. Alles hiljuti oli seal toimunud keemiaõpetajate vahetus ja uus õpetaja ei olnud veel klassiga tuttav. Ka ei mõistnud õpetaja ise päris selgesti katse eesmärki ega suutnud vajalikul määral õpilasi abistada. Seda olukorda kajastavad ka tunnikontrolli tulemused. Tunnikontrolli kirjutas 32 õpilast.

Tunnikontrolli hinded :

"5" - 2

"4" - 11

"3" - 7

"2" - 12

---

Positiivse hinde % - 62,5 %

"5" ja "4" % - 40,6 %

Ka tunnikontrolli keskmine hinne pole kõrge - 3,09.

Tartu 8. Keskkoolis oli õpetaja suhtumine programmeeritud õpetamisse erapooletu. Halvavalt mõjus eriti see, et aineõpetaja ise ei viibinud tunnis. Võõra eksperimentaatori juuresolek tekitas klassis ebatavalist elevust ja normaalse töömeeleolu saabumiseni kulus liigselt aega. Pealegi tekkis olukord, kus õpilasi tuli abistada eksperimentaatoril üksi. Tunnikontrolli kirjutas 31 õpilast.

Tunnikontrolli hinded:

"5" - 6  
"4" - 9  
"3" - 7  
"2" - 9

---

Positiivse hinde % - 71,00 %

"5" ja "4" % - 48,4 %

Keskmine tunnikontrolli hinne 3,39

Omapärane olukord kujunes Tallinna 1. Keskkoolis (seal eksperimentaator ise ei viibinud). Tunni lõppedes kogus õpetaja õpilaste märkmetega lehed ja teatas, et kodus järgmiseks tunniks midagi õppida ei ole. Kuna järgmine tund oli alles mitme päeva pärast, ei saa tulemuste üle väga nurisedagi. Tunnikontrolli kirjutas 30 õpilast.

Tunnikontrolli hinded :

"5" - -  
"4" - 11  
"3" - 7  
"2" - 12

---

Positiivse hinde % - 60,0 %

"5" ja "4" % - 36,7 %

Keskmine tunnikontrolli hinne oli 3,0. Kuna selle eksperimentaalklassi õpilased olid teistsugustes tingimustes, ei saa neid andmeid programmeeritud õpetamise efektiivsuse arvutamisel kasutada.

Esimestel katsetel esineb alati nii adaptatsiooni kui ka uudsuse efekt. Adaptatsiooni efekti mõju seisneb selles, et õpilased võivad esialgu uue meetodi abil halvemini omandada materjali. Uudsuse efekt on eriti suur õpetamismasinat kasutamisel, kuid esineb ka õpetamisprogrammide korral. See efekt seisneb selles, et esialgne huvi uue meetodi vastu hiljem tunduvalt kahaneb. Kahjuks ei võimalda praegused programmeeritud õpetamise efektiivsuse arvutamise valemid neid efekte arvesse võtta.

Senini on väga vähe või peaaegu ei olegi kasutatud matemaatilisi meetodeid pedagoogikas. On aga selge, et ainult kvalitatiivne hinnang ei anna rahuldavat vastust küsimusele programmeeritud õpetamise paremusest võrreldes eksisteerivate õpetamismeetoditega. Selleks on vajalikud ka kvantitatiivsed näitajad, milliseid võib kasutada õpetamismeetodite võrdlemisel. Kuna õpetamisprotsess on seotud massiliste nähtustega, võib nende nähtuste hindamisel kasutada matemaatilise statistika meetodeid. See ei välista muidugi võimalust kasutada ka teisi matemaatilisi võtteid programmeeritud õpetamise efektiivsuse arvutamisel. Õpetamise efektiivsust võib arvutada võttes eksperimentaalrühmade keskmise hinne suhte kontrollrühmade keskmisse hindedesse (9).

$$\bar{K} \hat{\sigma}_p = \frac{\bar{\beta}_A}{\bar{\beta}_0} \quad (I)$$

- $\bar{K} \hat{\sigma}_p$  - õpetamise efektiivsus  
 $\bar{\beta}_A$  - eksperimentaalrühmade keskmine hinne  
 $\bar{\beta}_0$  - kontrollrühmade keskmine hinne

Seda valemit võib kasutada ainult juhul kui eksperimentaal- ja kontrollrühmad on ühesuguse õppeedukusega antud.

aines. Tegelikuses esineb sellist olukorda väga harva. Võrreldes suuremaid õpilasarühmi tuleb arvestada nende õppeedukuse taseme erinevust. Kui erinevus eksperimentaal- ja kontrollrühmade õpilaste õppeedukuses on ilmne, tuleb  $K_{\text{õp}}$  arvutamisel sisse võtta parandusliige  $\pm \Delta\bar{\beta}$ , mis on celmise veerandi keskmiste hinnete erinevus.

$$\bar{K}_{\text{õp}} = \frac{\bar{\beta}_A \pm \Delta\bar{\beta}}{\bar{\beta}_0} \quad (\text{II})$$

$\Delta\bar{\beta}$  - eksperimentaal- ja kontrollrühmade keskmise veerandihinde erinevus.

Plussmärk võetakse kasutusele siis, kui eksperimentaalrühma keskmine veerandihinne on madalam kui kontrollrühmal ja miinusmärk vastupidisel juhul. Kui  $K_{\text{õp}} > 1$  on programmeeritud õpetamine efektiivsem võrdlemiseks kasutatud õpetamismeetodist; kui  $K_{\text{õp}} = 1$  on mõlemad meetodid ühesuguse efektiivsusega ja kui  $K_{\text{õp}} < 1$  on võrdlemiseks kasutatud õpetamismeetodid efektiivsem. Eeltoodud valemid on edukalt kasutatud programmeeritud õpetamise efektiivsuse arvutamisel Ukraina NSV-s.

Järgnevas tabelis nr. 3. ongi arvutatud programmeeritud õpetamise efektiivsus käesoleva eksperimendi kohta kasutades valemit II. Koolidest on välja jäetud Tallinna 1. Keskkool, kuna õpetaja eksituse tõttu tekkinud olukord ei võimalda meil seda eksperimentaalklassi teistega võrrelda

Tabel 3.

Rühm	Keskmine veerandi hinne	Keskmine tunnikontrolli hinne
Eksperimentaalrühm (191 õpilast)	3,33	3,61
Kontrollrühm (154 õpilast)	3,43	3,66
Õpetamise efektiivsus	1, 014	

Kõigepealt arvutati keskmised veerandi - ja tunnikontrolli hinded. Seejärel leiti  $\Delta\bar{\beta}$ . Selleks lahutati kontrollrühma keskmisest veerandihindest eksperimentaalrühma keskmine veerandihinne.

$$\Delta\bar{\beta} = 3,43 - 3,33 = 0,1$$

Kuna eksperimentaalrühma keskmine veerandihinne oli madalam kui kontrollrühmal, tuleb 0,1 võtta valemisse II plussmärgiga. Saame

$$\bar{K} \hat{\sigma}_p = \frac{3,61 + 0,1}{3,66} = 1,014$$

mis ongi programmeeritud õpetamise efektiivsus.

Nagu nähtub tabelist 3 on programmeeritud õpetamise efektiivsus küllaltki väike. See on põhjustatud peamiselt kahest eksperimentaalklassist (Järvakandi ja Tartu 8. Keskkool), kus tunni organiseerimine ja õpetaja osa programmeeritud õpetamisel ei rahuldanud. On veel teinegi asjaolu, mis siin tulemusi oluliselt mõjustab. Nimelt ei olnud Järvakandi Keskkoolis ühtegi puudulikku veerandihinnet, küll aga teatas õpetaja, et enamik kolmesid (umbes 10) olid venitatud või pandud pärast teist - kolmandat ümbervastamist. Selline hindamissüsteem aga rikub tegelikku olukorda. Kuna õpilased töötasid õpetamisprogrammiga esmakordselt, on ka adaptatsiooni efekt suur

Järgnevas tabelis ei ole arvesse võetud kahte eelpool mainitud eksperimentaalklassi, kus katse tingimused ei vastanud nõuetele

Tabel 4.

Rühm	Keskmine veerandihinne	Keskmine tunnikontrollihinne
Eksperimentaalrühm (128 õpilast)	3,24	3,79
Kontrollrühm (154 õpilast)	3,43	3,66
Õpetamise efektiivsus	1,087	

Siin on programmeeritud õpetamise efektiivsus juba ilmne. Kahtlemata peegeldab tabel 4 olukorda, milläst võib kergesti saavutada igas koolis, kui õpetajad loovad vastavad tingimused programmeeritud õpetamiseks.

Lõpuks veel mõningaid arvamusi, mida avaldasid õpetajad ja eksperimentaalklasside õpilased (eksperimentist osavõtnud õpetajate ja õpilaste üldist küsitlust ei teostatud). Õpilastele meeldis töötada õpetamisprogrammiga, kuna see võimaldas täiesti iseseisvalt laboratoorseid tööd teha. Suur osa õpilasi tunnistas, et nad kodus ei õppinud, kuna tunnis sai kõik juba selgeks. Õpetaja L arvab, et programmeeritud õpetamine sobib nõrgematele õpilastele, kuna nende tase tõuseb märgatavalt. Õpetaja O. peab positiivseks asjaolu, et õpilased intensiivselt tunnis töötavad. Enamiku õpetajate ühine arvamus oli see, et tuleb hakata kasutama õpetamisprogramme, mis õigustavad end täiesti.

## K o k k u v ö t e .

Nagu näitasisid läbi viidud katsed koolides, mille käigus õpilased töötasid õpetamisprogrammiga, on programmeeritud õpetamisel järgmised eelised.

1. Tagab hea tunnidistsipliini, mis on eriti vajalik keemiatundides, et kujundada õpilastes harjumust töötada laboratoorse töö vahendite ja keemiliste reaktiividega täpselt ja ohutult.
2. Lülitab kogu klassi aktiivsele tegevusele — ka selle osa klassist, kes seniste õpetamismeetodite juures jäi passiivseks.
3. Muudab õppeprotsessi paremini juhitavaks ja kontrollitavaks — õpetajal on pidev ülevaade kõigi õpilaste tegevusest ja edasijõudmisest.
4. Võimaldab õpilasi individuaalselt abistada kollektiivsete õppetöö vormide juures, mis on eriti oluline nõrgemate õpilaste suhtes.
5. Annab hea võimaluse selgitada halvasti õppivate õpilaste võimekust.
6. Eeltoodud programmeeritud õpetamise eelised omavad erilist tähtsust nõrgemate õpilaste suhtes, sest nende õppeedukus paraneb märgatavalt.
7. Kokkuvõttes võib öelda (seda näitas ka programmeeritud õpetamise efektiivsuse arvutamine matemaatilise statistika meetoditega), et programmeeritud õpetamine on efektiivsem eksisteerivatest õpetamismeetoditest.

Samal ajal tuleb aga silmas pidada, et programmeeritud õpetamine ainult loob võimalused kõrge efektiivsusega õpeta-

niseks. Nende võimaluste realiseerimine sõltub koostatud programmi omadustest ja õpetaja oskusest kasutada õpetamisprogrammi oma töös. Osata õigesti kasutada õpetamisprogrammi pole aga võimalik tundmata programmeeritud õpetamise teoreetilisi aluseid.

Kaesolev katse kasutada õpetamisprogrammi keemia õpetamisel on meil üks esimesi ning põhiline töö selles suunas seisab alles ees.

Программированное обучение некоторых тем  
по химии в 7. классе.

Резюме.

Целью настоящей дипломной работы было изучение некоторых вопросов, имеющих связь с обучающей программой курса химии в 7. классе. В литературной части, составляющей теоретическую основу экспериментальной части, разрабатывается исходя с кибернетической точки зрения теоретические проблемы программированного обучения. Некоторые вопросы составления обучающей программы также входят в литературную часть. Так как из-за новизны программированного обучения во многих отдельных вопросах существуют сейчас разные, часто противоположные точки зрения, то здесь старались осветить разрешаемые проблемы объективно, излагая точки зрения как одной также и другой стороны.

Первым этапом для достижения поставленной цели было составление обучающей программы на одну тему. Тема "Состав и свойства кислот" была выбрана по трем причинам :

- а) тема по своей внутренней логике подходяща для программированного обучения ;
- б) тема дает хорошую возможность делать лабораторные работы и использовать наглядные средства ;
- в) разработка темы в школе по времени подходит для экспериментирования программы.

До проведения массового эксперимента произвели опыт по обучающей программе с маленьким числом учеников (2 ученика). После этого провели эксперимент с 375 учениками, из числа которых 221 относились к экспериментальному классу, как оценку эффективности программированного обучения использованы методы математической статистики.

Опыты показали, что программированное обучение имеет следующие преимущества ;

1. Гарантирует хорошую дисциплину на уроке, что требуется на уроках химии для того, чтобы образовать в учениках привычку работать с лабораторными средствами и с химическими реактивами точно и безопасно.
2. Включает весь класс в активную работу - и эту часть класс, которая при прежних методах обучения оставалась пассивной.
3. Превращает процесс обучения лучше руководимым и контролируемым - у педагога имеется непрерывный обзор о деятельности и успехах всех учеников.
4. Позволяет индивидуально помогать ученикам при коллективных формах обучения, что особенно важно в отношении слабых учеников.
5. Дает хорошую возможность выявить знания слабых учеников.
6. Приведенные преимущества программированного обучения имеют особое значение относительно слабых учеников, так как их успехи заметно улучшаются.
7. В итоге можно сказать (это доказало вычисление эффективности программированного обучения методами матема-

тической статистики), что метод программированного обучения эффективнее других существующих методов.

При этом нужно иметь ввиду, что программированное обучение только создает возможность для обучения с высокой эффективностью. Реализация этих возможностей зависит от качества составленной программы и умения учителя использовать программу в своей работе. А правильно уметь использовать обучающую программу нельзя не зная теоретических основ программированного обучения.

Настоящий опыт использования обучающей программы при обучении химии является у нас одним из первых и вся основная работа в этом направлении стоит еще впереди.

Kasutatud kirjandus

1. В. Беспалько. Что такое программированное обучение ?  
"За рулем", 1964, № 1.
2. В. Глушков. Мышление и кибернетика. "Известия"  
4 июля 1962 г.
3. В. Глушков. Кибернетика и педагогика. "Наука и жизнь",  
1964 г., № 1.
4. Л.Н. Ланда. О кибернетическом подходе к теории обучения.  
"Вопросы философии", 1962, № 9.
5. Л.Н. Ланда. Алгоритмы и программированное обучение.  
Москва, 1965.
6. Г.Г. Маслова. О программированном обучении математике.  
Москва, 1964.
7. Методические указания по программированному обучению в  
средних специальных учебных заведениях мосгорисполкома.  
Москва, 1964.
8. Первая республиканская конференция по программированному  
обучению и применению технических средств в учебном про-  
цессе. Тезисы докладов. Рига, 1965.
9. Т.И. Ростунов. Программированное обучение и автоматизация  
учебного процесса. КВИРТУ Киев, 1963.
10. В.Л. Рысс. Программированные учебные пособия по химии для  
средних школ США. "Химия в школе", 1965, № 2.
11. Л.Л. Степанова. Об эксперименте по программированному  
обучению. "Математика в школе", 1964, № 2.
12. С.Г. Шаповаленко. Методика обучения химии.  
Учпедгиз. Москва, 1963.

13. Н.М. Шахмаев. Использование технических средств в преподавании физики. "Просвещение", Москва, 1964.

Artiklid ajakirjas "Советская педагогика".

14. В.А. Артемов. Кибернетика, теория коммуникации и школа. 1962, № 1.
15. Т.Л. Ильина, И.Т. Огородников. Организация экспериментальной проверки методики программированного обучения. 1965, № 2.
16. Т.А. Ильина. О педагогических основах программированного обучения. 1963, № 8.
17. Т.А. Ильина. О теории и практике программированного обучения. 1964, № 1.
18. Л.Н. Исаев. Педагогическая эффективность программированного обучения. 1963, № 11.
19. Л.Б. Ительсон. О некоторых основных проблемах теории программированного обучения. 1963, № 9.
20. И.Д. Ладанов. Программированное обучение и бихевиоризм. 1964, № 7.
21. Л.Н. Леонтьев, П.Я. Гальперин. Теория усвоения знаний и программированное обучение. 1964, № 10.
22. Д.И. Пеннер, Д.М. Комский, М.Ф. Колпаков. Программированное обучение в учебных заведениях свердловской области. 1965, № 1.
23. Л.Н. Терский. Опыт программированного обучения. 1964, № 10.

24. З.С. Харьковский. Программированное обучение в западной Африке и Арабских государствах. 1965, № 1.

Artiklid ajakirjas "Вестник высшей школы".

25. Г.Н. Александров. Разумно сочетать новое с традиционным. 1964, № 4.
26. Б.С. Алякринский. Некоторые проблемы программированного обучения в аспекте психологии. 1964, № 7.
27. Б.С. Белашкин. Система карточек для контроля и самоконтроля. 1963, № 7.
28. А.Р. Белонольская. Сначала - алгоритм, потом - машина. 1964, № 8.
29. Н.Г. Видуев. Некоторые вопросы теории и методики. 1964, № 3.
30. Н.В. Володин. В защиту выборочной системы ввода ответов. 1964, № 5.
31. И.И. Воскресенский. Практические занятия с применением программированного пособия. 1963, № 10.
32. Е.П. Гершт. Если сравнить выборочный и результативный методы ..... 1965, № 1.
33. Ю.Н. Даденков. Новые методы внедрять широким фронтом. 1964, № 2.
34. А.М. Дорошкевич. Первые результаты работы с программированным учебником. 1963, № 8.
35. С.И. Зиновьев. О некоторых педагогических проблемах программированного обучения. 1963, № 12.
36. В.Т. Кулик. Групповые занятия с применением программированных текстов. 1963, № 7.

37. П.Д. Лебедев. Эта проблема нуждается в глубоком изучении.  
1963, № 3.
38. И.М. Мищенко. Мы за выборочный метод ответов. 1964, № 10.
39. П.Н. Платонов. Учитывать цели и характер обучения.  
1964, № 9.
40. И.В. Пятницкий. Программированные коллоквиумы по аналитической химии. 1964, № 6.
41. В.И. Селецкий. Программированное обучение вчера и сегодня. 1964, № 11.
42. И.И. Тихонов. Основы электротехники изучаются по-новому.  
1964, № 1.
43. Ученые о методах программированного обучения. 1965, № 3.
44. И.Р. Фрейдзон. Кибернетические устройства помогают самостоятельной работе студентов. 1964, № 4.
45. D.H.Andrews, R.J.Kokes, C.W.Wilson. A Program of Research Projects in Chemistry for College Freshmen "Journal of Chemical Education", 1960, Nr.11
46. Yay A. Young. Programmed Instruction in Chemistry. "Journal of Chemical Education", 1961, Nr.9
47. K.Heiser. Schulversuch mit einem programmierten Lehrbuch für die 7.Klasse. "Chemie in der Schule" 1965, Nr.3
48. W.Six. Zur Tätigkeit der Arbeitsgruppe "Programmierter Chemieunterricht." "Chemie in der Schule", 1965, Nr.3
49. U.Agur . Programmeeritüd õpetamine ja õpetamismasinad. Tallinn, 1964
50. M.Annilo. Esimesed sammud programmeeritüd õpetamisel "Nõukogude õpetaja", 1965, Nr. 11
51. L.Kalberg. Perfoplaadi abil ."Nõukogude õpetaja", 1965, Nr.14

52. A. Kõverjalg. Mõningaid õppemeetodite efektiivsuse probleeme. "Nõukogude Kool", 1964, Nr. 10
53. A. Kõverjalg. Uue õpetamisviisi plussid ja miinused. "Nõukogude õpetaja", 1965, Nr. 8
54. N. Talõzina. Õige tee teadmiste juurde. "Nõukogude õpetaja", 1964, Nr. 49; 50
55. L. Põmpuu. Programmeerimise ratsionaliseerimise ühest võimalusest füüsikaliste suuruste õpetamisel keskkoolis. "Nõukogude Kool", 1965, Nr. 3
56. K. Toim. Perfoplaadist on kaugemale jõutud, aga ....  
"Edasi" 8. mail 1965.a.

Vajalikud reaktiivid ja laboratoorsed töö vahendid.

Teema "Hapete koostis ja omadused"  
programmeeritud õpetamisel.

Õpetaja lauale

tahkeid happeid -  $H_3BO_3$  jt.  
vedelaid happeid -  $H_2SO_4$  ; HCl ;  $HNO_3$  jt.

Igale lauale

klaastoru või klaaspulk  
10 katseklaasi

konts.  $H_2SO_4$

konts.  $HNO_3$

lakmuse lahus

metüüloranži lahus

fenooltaleiini lahus

Igale õpilasele

puuvillane riidetükike  
valge paberitükike.

## Tartu 10. 8-klassiline Kool. Eksperimentaalklass.

Õpilane	Veerandi hinne	Tunnikontrolli hinne	Punktide arv
Esingu	3	3	28
Grigorjev	3	4	42
Helmann	3	4	36
Ilvik	4	5	50
Ind	3	3	30
<u>Jegorov</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>50</u> !
Jõgi	3	4	36
Kaljuste	3	2	16
<u>Kallas</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>46</u> !
Kogel	2	3	35
Koha	4	3	32
Käärrik	3	4	43
Kütt	3	3	33
Lall	3	4	42
Leht	3	4	39
Lepp	3	4	43
<u>Malkki</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>48</u> !
Meerits	4	4	40
<u>Minjajev</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>50</u> !
Muna	3	2	22
<u>Kauer</u>	<u>2</u>	<u>4</u>	<u>41</u> !
Paavel	4	5	50
Parv	3	4	42
Peep	4	4	39
Polli			
Ruuder	4	5	44
Tampel	3	4	39
Teder	5	5	48
Telling	3	4	41
<u>Tuhkur</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>50</u> !
<u>Tõnspoeg</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>50</u>
Keskmine	3,20	4,03	40,16

Tartu 2. Keskkool. Eksperimentaalklass.

Õpilane	Veerandi hinne	Tunnikontrolli hinne	Punktide arv
Aarla	3	2	23
Dobrus	3	4	42
<u>Eistre</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>45</u> !
Helk	3	2	10
Hõbemägi	3	4	37
<u>Kaldjärv</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>44</u> !
<u>Hõrak</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>46</u> !
Kirotar, R	3	4	42
Kivisäk	3	4	42
Klaas	4	5	46
Kondrašev	3	2	20
Kondraševa	4	4	39
Kopli	3	4	36
<u>Korn</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>46</u> !
Lamp	4	4	42
Lõhmus	3	3	28
Metsar	4	3	32
Muruväli	2	3	28
Mällo	3	4	39
Naber	4	5	50
Nael	3	4	38
Pabujärv	4	4	42
Rattasepp	4	3	29
Rohumets	3	3	28
Roone	2	3	34
Soomets	3	4	39
<u>Sütt</u>	<u>2</u>	<u>5</u>	<u>44</u> !
Talm	4	4	43
Tasso	3	4	42
Tenno	4	3	28
Tootsi	3	4	36
Vailmäe	2	3	32
Višnjakova	3	4	42
Vomm	5	5	50

Õpilane	Veerandi hinne	Tunnikontrolli hinne	Punktide arv
Änilane	3	4	36
Kirotar	3	4	43
Keskmine	3,19	3,83	37,30

Tartu 13. 8-klassiline Kool. Eksperimentaalklass

Õpilane	Veerandi hinne	Tunnikontrolli hinne	Punktide arv
Annama	4	3	31
Haar	3	2	22
Hermits	3	4	42
Hobalainen	4	5	50
Juht	4	4	40
Kadas	3	4	40
Karulaas	4	3	35
Karu	3	4	40
Laks	4	5	45
Leppik	4	5	46
Luht	3	4	40
Maksimov	2	2	15
Must	4	5	50
Mutso	4	5	48
Noorsoo	4	4	38
<u>Loit</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>46</u> !
Pihlap	4	5	46
Rammo	4	5	50
<u>Randvoo</u>	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>50</u> !
Reimann	4	2	8
Sepping	3	3	28
Solovjov	3	4	40
Solon	3	3	33
Suits	4	4	37
Toomeoks	4	4	40
Tuvike	3	4	41
Keskmine	3,50	3,96	38,50