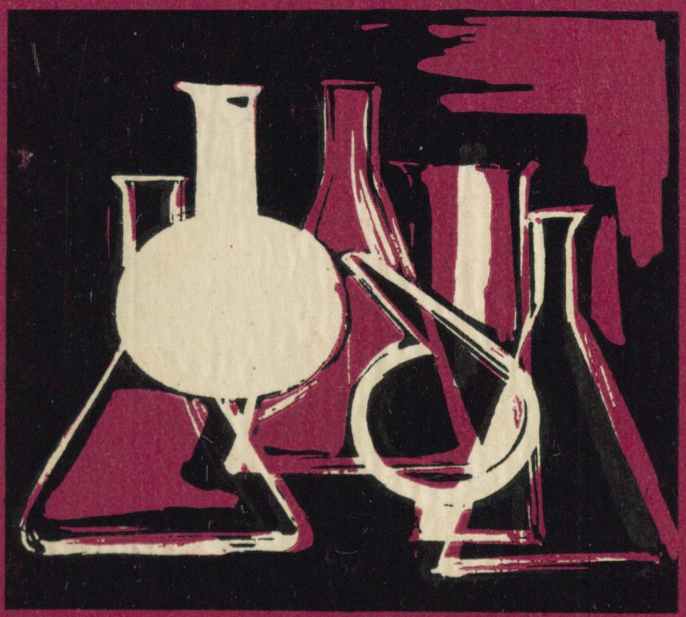
L. PAAVER J. VENE



KEEMIA

ÕPETAMISE METOODIKAST 8-KL. KOOLIS

75723

A-30250

L. PAAVER, J. VENE

KEEMIA ÕPETAMISE METOODIKAST 8-KLASSILISES KOOLIS

KIRJASTUS «VALGUS» • TALLINN 1969

54
P—01

Kunstiliselt kujundanud O. Käärik

2
Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu
75723

6—5
94—69

SAATEKS.

Uue inimese kujundamisel on keemial kui õppeainel kaalukas sõna kaasa rääkida. Keemia õpetamise käigus on tarvis õpilastele anda teadmisi keemiateaduse alustest; neid tuleb õpetada mõistma tähtsamate keemiliste protsesside sisu ja tundma olulisemate ainete omadusi. Teadmiste omandamisel peavad õpilastel kujunema dialektilis-materialistlik maailmavaade ja ateistlikud veendumused. Õpilastes tuleb kasvatada nõukogude patriotismi ja sotsialistlikku internatsionalismi; neis tuleb arendada ausust, printsipiaalsust ja tööarmastust. On tarvis taotleda kommunismiehitaja moraalikoodeksis ettenähtud printsiipide muutumist kujunevate noorte tõelisteks veendumusteks. Kõige eelnimetatu kõrval on vaja arendada ka õpilaste vaimseid ja praktilisi oskusi, suunata neid iseseisvale katsetamisele, vaatlemisele ja mõtlemisele.

Viimastel aastatel, seoses üleminekuga uutele keemiaprogrammidele, on tunduvalt kasvanud keemia osatähtsus 8-klassilises koolis. Senise, suurelt osalt kirjeldava kursuse asemel käsitletakse praegu üsna põhjalikult peale keemiliste ühendite põhiklasside veel ka D. Mendelejevi perioodilisuse süsteemi, aatomi ehitust ja keemilise sideme olemust.

Kuna 8-klassilises koolis suhteliselt väikese tundide arvu tõttu õpetab keemiat tavaliselt laia profiiliga õpetaja, kellele küllaltki põhjaliku teoreetilise kursuse õpetamine on uudne, pidas Eesti NSV Haridusministeeriumi vabariiklik keemiakomisjon otstarbekaks välja anda käesolev käsiraamat, kust leiaksid metoodilist nõuannet eelkõige need 8-klassilise kooli õpetajad, kellele keemia on lisaspetsiaalsuseks. Ühtlasi võiks raamat olla abimaterjaliks üliõpilasele kõrgemas koolis keemia metoodika kursuse õppimisel ja igale keemia õpetajale tema metoodilise pagasi värskendamisel.

Käsiraamat ei hõlma kõiki keemia õpetamise metoodika probleeme, vaid ainult neid, mis peaksid olema 8-klassilises koolis aktuaalsed. Raamatu esimene pool sisaldab üldmetoodilisi nõuandeid uue aine õpetamise, kordamise ja õpilaste teadmiste kontrollimise metoodikast, kusjuures esitatavat on püütud illustreerida näidetega konkreetsetest õppetundidest. Käsiraamatu kirjutamise ja kirjastamise vältel on keemia programmi muudetud kahel korral, selle tõttu osa näiteid ei vasta viimati kehtestatud programmile. Teises pooles antakse mitmete olulisemate ainelõikude metoodiline käsitlus hiljuti kehtestatud uute programmide alusel ja lisaks sellele praktilist nõuannet keemia kabineti sisustamiseks ning varustamiseks.

Käesoleva töö valmimiseks aitasid oluliselt kaasa kõik Eesti NSV Haridusministeeriumi keemiakomisjoni liikmed. Eriti põhjalike nõuannete eest pälvivad siirast tänu aga TPI õppejõud H. Vilbok, TRÜ õppejõud R. Tani, TPedI õppejõud H. Karik, Eesti NSV Pedagoogika Teadusliku Uurimise Instituudi töötaja V. Ratassepp, õpetaja-pensionär K. Kärk ja koolide töötajad H. Einer, K. Tamm ning O. Masing.

Autorid.

I. KEEMIA ÕPETAMISE JA ÕPPIMISE MEETODEIST.

Tööd, mida õpilased ja õpetaja õppetunnis, laboratooriumis või ekskursioonil ühise sihiga teevad — uute teadmiste ja oskuste saamine — käsitletakse kord õpilasepoolsest aspektist ja nimetatakse õppimiseks; teinekord vaadeldakse seda aga õpetaja tegevuse küljest ja räägitakse õpetamisest. Kuigi üks pole mõeldav teiseta, puudub sellel kahepoolsel tegevusel ühine nimetus. Pealkirjas oleme märkinud selle protsessi mõlemaid külgi, edaspidi tekstis rõhutame kord üht, kord teist, kuid lähtume alati tervikust.

Õppemeetodite all tulekski mõista õpetaja ja õpilaste ühist tegevust, mille tulemusena õpilased omandavad uusi teadmisi, oskusi, harjumusi, mis kujundavad nende iseloomu, maailmavaadet ja isiksust tervikuna.

Sellisel viisil õpetamise meetodeid määratledes rõhutavad nõukogude didaktikud ja metoodikud õppeprotsessi lahutamatut seost kasvatustööga.

Paljudel juhtudel käsitletakse õppemeetodeid õpetaja tegevusena, tema poolt valitud teena või kasutatud abinõudena õpilastele teadmiste andmisel. Mõnikord võrreldakse õpetamise meetodeid piltlikult tööriistadega, mida õpetaja kasutab. Sellega on tahetud rõhutada, et õppetöös on õpetaja tegevus juhtivaks pooleks, mis määrab õpilaste töö ja tegutsemise, et õpetaja määrab teadmiste ja oskuste omandamise viisi ning kindlustab selle eduka kordamineku.

Meetodite valik ei tohi aga sõltuda ainult õpetaja isikust, tema kalduvustest ja talendist. Õpilaste vanusel, teadmistel ja karaktereil on niisama kaalukas osa õppemeetodite valikul. Õpetaja peab sedagi silmas pidama, ka selles avaldub tema juhtiv osa õppeprotsessis.

On rida üldisi printsiipe, mida õpetamise meetodite

kasutamisel tuleb alati silmas pidada. Nimetame neist mõningaid.

Meetodite vahelduvus ja mitmekülgsus peavad tagama õpilaste teadmiste sügavuse ning kindluse. Õpilane võib teadmised mingist ainest saada ka ainult selle vaatlemise teel. Lisandub aga aine vaatlemisele õpikust loetu ja õpetajalt kuuldu, õnnestub selle aine kasutamist ja tootmist jälgida ekskursioonil või filmis, pole teadmised enam võrreldavad esimesel viisil omandatutega. On oluline erinevus õpilase teadmiste sügavusel: kas on need saadud ainult õpetaja jutustuse kaudu või on lisaks sellele sama nähtust tundma õpitud ka katsete sooritamise ning skeemide ja makettide vaatlemise teel.

Kõik meetodid peavad taotlema õpilaste aktiivsust, eriti nende mõttetegevuse aktiivsust. Otsustav ei ole ainult meetodite valik ja sagedane vaheldumine, vaid eeskätt nende õige rakendamine. Nii õpetaja jutustus kui ka õpiku tekst olgu hästi ja tabavalt formuleeritud ning rangelt süstematiseeritud. Enne vaatluse või katse sooritamist peab õpilasel teada olema probleem, mida ta peab lahendama. Õpikut lugedes või filmi jälgides olgu õpilasel kindel ülesanne, mida ta loetu ja nähtu põhjal lahendama peab. Õpilane saab täie pingega õppetöö juures olla ainult siis, kui töö on organiseeritud huvitavalt ja sisukalt, kui on arvestatud töö jõukohasust ja isoleeritud kõik kõrvalised mõjud.

Õppetöö ülesandeks pole ainult õpilastele teadmiste andmine, vaid neis ka iseseisvaks tööks eelduste loomine. Sellelt seisukohalt tuleb eelistada meetodeid, mis õpilastelt probleemide iseseisvat lahendamist nõuavad (ülesanded, katsed, vaatlused), rikkumata seejuures didaktika teisi printsiipe — jõukohasuse, teadlikkuse, individuaalsete võimete arvestamine jne.

Õppetöö meetodeid klassifitseeritakse metoodilises kirjanduses mitmeti. Mõned autorid jagavad õppemeetodid aktiivseteks ja passiivseteks. Arvame, et see pole sisuliselt põhjendatud: õppetöö tuleb korraldada nii, et iga meetodi rakendamisel oleksid õpilased aktiivsed. Saksa DV metoodikas on kasutusel jaotus: vahendavad, lahtimõtestavad ja uurivad meetodid. Nimetatud klassifikatsioonid rajanevad peamiselt õpetaja ja õpilase töö osatähtsuse erinevustel.

NSV Liidu metoodikud toetuvad viimasel ajal meetodite süstematiseerimisel sellele, milliste tunnetuse allikate kaudu õpilane teadmised omandab (*S. Šapovalenko*). Käesolevas raamatus oleme püüdnud kinni pidada samast põhimõttest (vt. tabel 1). S. Šapovalenko poolt esitatud süsteemi pole täielikult kopeeritud: mõningad meetodid, mis 8-klassilise kooli seisukohalt pole olulised, on välja jäetud. Programmeeritud õpetamist on vaadeldud eri meetodite rühmana.

Tabel 1.

Tunnetuse peamine allikas	Meetodite nimetused
A. Sõnalised meetodid.	
Suuline või kirjalik kõne.	Õpetaja jutustuse, seletuse, loengu jälgimine. Vestlus. Kaasõpilaste referaadi või ettekande kuulamine. Õpiku või mõne muu teose lugemine.
B. Näitlikud meetodid.	
Esemed, nähtused ja protsessid või nende kujutised.	Ainete või katsete vaatlemine. Ekskursioonid. Tabelite, filmide, diapositiivide, kaartide, mudelite ja makettide vaatlemine.
C. Praktilised meetodid.	
Õpilaste praktiline tegevus.	Õpilaste poolt tehtavad laboratoorsed tööd. Plaanide, konspektide, referaatide, kirjandite koostamine. Ülesannete lahendamine.
D. Programmeeritud õpetamine.	
Kirjalik kõne ja õpilaste praktiline tegevus.	Õpetamisprogrammi lugemine, vaatluste, katsete ja harjutuste sooritamine, ülesannete lahendamine.

A. SÕNALISED MEETODID.

1. ÕPPEAINE SUULINE ESITAMINE ÕPETAJA POOLT.

Keemia kui ühe loodusteaduse haru õppimisel on kahtlematult suur osa täita vaatlusel ja eksperimendil, mida viiakse läbi kas õpetaja juhendamisel või iseseisvalt. Koos koolide materiaalse baasi täienemisega suureneb mitmesuguste praktilist laadi tööde osatähtsus keemia õpetamisel ja õppimisel. Eespool nimetatust tehakse sageli meelevaldne järeldus, nagu peaks keemia õppimine ja õpetamine toimuma üksnes laboratoorsel-vaatluslikul meetodil, õpilaste iseseisva töö põhjal, kusjuures õpetaja oleks ainult katsetamise, vaatlemise ja iseseisva töö suunajaks. Tegelik koolitöö aga näitab, et ka kaasajal ei saa kaugeltki kõrvale heita selliseid ammugi vähem kõlblikuks tunnistatud õpetamise viise, nagu vestlus, õpetaja jutustus ja nn. kooliloeng.

7. ja 8. klassis ei peeta kooliloengut sobivaks õppetöö vormiks, sest sel juhul on raskem saavutada õpilaste mõtte aktiivsust. Seepärast käsitleme allpool põhjalikumalt õpetaja jutustust ja vestlust.

Õpetaja jutustust sobib kasutada siis, kui õpitav aine on õpilastele täiesti uus, kui ta ei ole kergesti seostatav varemõpituga, kui nimetatud materjali põhitõed ei ole tuletatavad varemõpitust ning kui käsitletavast materjalist ei ole õpilastel võimalik ülevaadet saada laboratoorsete katsete abil. Õpetaja jutustus on sobiv suuremate peatükkide sissejuhatusena ja mitmesuguste üldteoreetilist laadi küsimuste käsitlemisel. Kooli 7. ja 8. klassi keemia kursusest sobiks käsitleda sellisel meetodil järgmisi lõike:

1) keemilised elemendid,
2) aine koostise püsivuse seadus,
3) mineraalväetised ja nende kasutamine,
4) fosforväetised,
5) terase tootmine,
6) haruldased metallid (Cr, W),
7) keemiatööstuse arenemine NSV Liidus ja Eesti NSV-s.

Samal ajal ei saa pidada õigeks keemiliste ühendite põhiklasside (happed, alused, oksiidid, soolad) ning paljude teiste varemõpituga hästi seostatavate ja õpilaste poolt laboratoorsete katsete ning vaatluste teel hästi

omandatavate ainelõikude käsitlemist õpetaja jutustuse abil. Jutustuse teel esitatav materjal tuleb õpetajal põhjalikult läbi mõelda, leida sobivat lisamaterjali, mis aitaks tõsta õpilaste huvi jutustuse vastu, ning illustreerida esitatavat materjali tabelite, skeemide, diafilmide, joonistega jne. Õpetaja jutustus saab olla ainult siis täisväärtuslik, kui ta suudab oma kaasakiskuva ja emotsionaalse esinemisviisiga kuulama panna eranditult kõiki õpilasi. Õpetaja, kes valdab elavat sõna halvasti, tarvitagu nimetatud meetodit harvem — ainult siis, kui teisi meetodeid ei saa kasutada.

Õpetaja jutustus olgu üles ehitatud nii, et õpilased seda passiivselt ei kuulaks. Õpetaja esitab algul kuulajatele probleemi või rea probleeme ja lahendab jutustuse käigus need koos õpilastega.

Keemia õpetamine vestluse teel on 7.—8. klassi õpilaste jaoks palju kohasem meetod, kuna ta võimaldab õpilasi enam mõtlema panna, neile meelde tuletada varemõpitut ja elus tähelepandut, seostada seda õpetaja poolt esitatavaga ja teha iseseisvalt järeldusi. Eriti sobib vestlusmeetod sellisel juhul, kui käsitletakse omavahel sarnaseid elemente. Väga sobiv on kasutada vestlusmeetodit koos õpilaste poolt teostatud laboratoorsete katsetega hapete, aluste ja oksiidide käsitlemisel 8. klassis, kuna nimetatud ainetega on põgusalt tutvutud ka 7. klassis.

Vestluse käigus tunnetab õpetaja, kuivõrd õpilased käsitletavast aru saavad ja tema mõttekäigule kaasa tulevad. Seetõttu saab ta vestlust suunata nii, et see kulgeks tunnis püstitatud eesmärgi poole. Vestlus ei tohi muutuda jutuajamiseks üksikute õpilastega, vaid peab haarama kogu klassi. Vestlusmeetod õigustab end siis, kui õpetaja on õpilastele esitatavad küsimused põhjalikult läbi mõelnud, kui need küsimused on õpilastele jõukohased ja aitavad lahti mõtestada käsitletavat teemat. Vestlusmeetodit kasutades satuvad ebaõigele teele sageli väheste kogemustega õpetajad, andes õpilastele küsimusi, millele nad on võimelised vastama alles pärast seda, kui on vastava lõigu õpikust läbi lugenud. Kui õpetaja pole ette näinud aine käsitlusmeetodiks õpilaste iseseisvat tööd õpikuga ja tundi selle kohaselt üles ehitanud, kujuneb selline vestlus dialoogiks õpetaja ja õpilaste vahel õpikust loetud lausete abil, andmata õpilastele vajalikul määral teadmisi.

Kui õpetaja tunnis lastega vestleb, esitab ta küsimuse kogu klassile. Vastuse nõudmisel pole mõtet kiirustada, nagunii tõstavad paremad õpilased kiiresti käe. Kogu klassile tuleb anda keskendumiseks aega, küsida algul mõnda õpilastest, kes kätt ei tõstnud, ja seejärel alles paremaid õpilasi. Kui üks õpilane on vastanud, peab andma teistele võimaluse tema vastust täiendada ja korrigeerida. On antud vastus õige ega vaja mingit täiendamist, võib siiski lasta mõnel neist õpilastest, kes algul vastamisega toime ei tulnud, õiget vastust korrata. See harjutab kogu klassi vestluse ajal tähelepanelik olema.

Õpetajad teevad küsimuste formuleerimisel mitmesuguseid vigu. Käsitleme neist mõningaid.

Küsimused ei ole sageli küllalt täpselt formuleeritud, nad on formaalsed, ei ole mõeldud õpilaste mõttetegevuse ergutamiseks. Õpetaja võib läbimõtlematult esitatud küsimustega pidurdada õpilaste mõttetegevust, eriti sel juhul, kui need pole seotud varemõpituga. Käsitledes 8. klassis teemat «Raud», kasutas üks õpetaja vestluses järgmisi ebaõnnestunud küsimusi.

Kus leidub rauda puhtal kujul?
Millest toodetakse rauda?
Mida nimetatakse maakideks?
Missuguseid tähtsamaid rauamaake teate?
Missugused on nende valemid?
Kus leidub meie vabariigis ookrilademeid?
Kuidas saab rauda oksiididest?

Enamik 8. klassi õpilastest ei ole võimelised sellistele küsimustele vastama, kui nad pole varem õpikust järele vaadanud.

Õpetaja poolt vestluse käigus esitatud küsimused peavad olema täpselt formuleeritud, nad ei tohi olla etteütlevat laadi, liiga ulatuslikud, mitut vastust nõudvad ega ebaõigelt suunatud.

Ei saa kuidagi rahulduda järgmiste küsimustega.

1. *Kuidas reageerivad happed alustega?*
   (Vastus võiks olla «Hästi!»)
2. *Missugused on hapete keemilised omadused?*
   (Frontaalse vestluse jaoks liiga ulatuslik.)
3. *Kas hape reageerib soolaga?*

Vestlusmeetodil läbiviidav tund eeldab põhjalikku ettevalmistust. Õpilastele esitatavad probleemid olgu üksteisega võimalikult tihedalt seotud, üks probleem järgnegu

loogiliselt teisele. Vestlus saab end täielikult õigustada vaid siis, kui õpetaja kasutab lisaks vestlusele küllaldaselt näitlikke materjale (tabeleid, skeeme, jooniseid, filme, diapositiive) ja demonstreerib ise või laseb õpilastel sooritada katseid. Vestlus võtab märksa enam aega, kui sama materjali esitamine õpetaja jutustuse abil. Seepärast peab õpetajal olema vestluseks varutud alati küllalt aega. Tunnis, kus on planeeritud teisi pikemaid töid (kirjalik tunnikontroll, laboratoorne töö), ei saa vestlusega liialdada. Tuleb hoiduda vestluse laialivalgumisest, kandumisest teistele teemadele.

Vestluse ettevalmistamisel on vähe sellest, kui õpetaja mõtleb läbi õpilastele esitatavad küsimused. Lisaks sellele tuleb tal ette näha ka võimalikud ebaõiged vastused ning õpilaste poolt esitatavad küsimused. On vajalik, et vestluse käigus toodaks välja kõige olulisem osa käsitletavast õppematerjalist, et tehtaks järeldusi ja kokkuvõtteid. Need järeldused ja kokkuvõtted märgivad õpilased oma töövihikutesse. Enne vestluse algust kirjutatakse tahvlile ja õpilaste töövihikutesse pealkiri.

Alljärgnevalt kirjeldame õppematerjali käsitlemist vestlusmeetodil 8. klassis teemal «Raud looduses».

Õpetaja võiks vestluse käigus kasutada järgmisi küsimusi, näiteid ja korraldusi.

1. *Millal kasutasid inimesed esmakordselt raudesemeid?*
2. *Miks nimetatakse üht ajaloolist perioodi rauaajaks?*
3. *Missuguse järelduse võiksime sellest teha raua avastamise ja tundmise kohta vanal ajal?*
4. *Miks toodetakse tänapäeval rauda väga suurtes kogustes?*
5. *Meenutame, mitmendal kohal on raud keemiliste elementide hulgas leviku poolest maakeral?*
6. *Kui palju on rauda maakoores protsendiliselt?*
7. *Geograafias olete õppinud rauaühendite leidumist looduses. Kuidas nimetatakse looduslikke rauaühendeid? Kanname mõiste «maak» tähenduse oma töövihikusse!*
8. *Tutvume tähtsamate rauamaakidega.*
9. *Kirjutame vihikutesse:*
   a) magnetiit ehk magnetrauamaak (Fe_3O_4).
10. *Igal laual on tükk magnetiiti. Vaatleme seda ja märgime vihikutesse, missugused on tema omadused.*

Lähendame nööpnõelale magnetiiditüki. Mida täheldame?

11. *Leiame magnetiidi rauasisalduse protsentides.*
12. *Geograafias olete õppinud NSV Liidu tähtsamaid rauamaagi leiukohti. Kus leidub NSV Liidus magnetiiti?*
13. *Näitame kaardil nimetatud kohad.*
14. *Teeme vihikuisse järgmise sissekande:*
    b) punane rauamaak (Fe_2O_3).
15. *Igal laual on punase rauamaagi tükk. Vaatleme seda ja märgime vihikutesse selle omadused.*
16. *Arvutame raud(III)oksiidi rauasisalduse protsentides.*
17. *Lugege õpikust, kus leidub punast rauamaaki. Leidke vastavad kohad kaardilt.*
18. *Kirjutame:*
    c) pruun rauamaak — sisaldab Fe_2O_3 ja $Fe(OH)_3$.
19. *Vaatleme pruuni rauamaaki ja märgime vihikusse tema omadused.*
20. *Arvutame raud(III)hüdroksiidi rauasisalduse protsentides.*
21. *Missuguse järelduse võime teha pruuni rauamaagi rauasisalduse kohta võrreldes eelmistega?*
22. *Missugune käsitletud maakidest on rauarikkaim?*
23. *Vaatleme lauale asetatud punast ja kollast ookrit ning võrdleme neid punase ja pruuni rauamaagiga. Mida märkame?*
24. *Punast ja pruuni rauamaaki kasutatakse peale metallurgia veel värvainena (ooker).*
25. *Vaadelge ja tuletage meelde, kus on koolis või kodus kasutatud värvimisel ookrit?*
26. *Kollast ookrit leidub ka Eesti NSV-s (Põltsamaa läheduses).*
27. *Leidke õpikust ja kaardilt, kus on suurimad pruuni rauamaagi leiukohad NSV Liidus?*
28. *Kas te teate, mitmendal kohal on NSV Liit nii rauamaagivarude kui ka tootmise poolest maailmas?*
29. *Märgime vihikusse:*
    d) raua saamine maagist.
30. *Missugusest elemendist tuleks rauamaak vabastada, et jääks järele puhas raud?*
31. *Millega võiksime siduda hapnikku?*
32. *Tuletame meelde, missugused ained põlevad hästi hapnikus?*

33. *Püüame raudoksiidist saada rauda taandamisel puusöega.*
34. *Teeme katse, nagu on kirjeldatud õpikus, ja kirjutame vastava reaktsiooni võrrandi.*

Õpetaja jutustuse ja vestluse juures on kõige suuremaks ohuks verbalism, kuna sel juhul peavad õpilased meeles õpetaja sõnad ilma õige ja konkreetse ettekujutuseta ning arusaamiseta ainetest ja kirjeldatud nähtustest. Seepärast on tarvis jutustus üles ehitada konkreetsetele näidetele. Vestluse käigus tuletagu õpilased meelde varem tehtud katseid, jooniseid või vaadeldud aineid.

Väga oluline on, et jutustuse ja õpetaja poolt suunatud vestluse ajal ei oleks õpilased passiivsed pealtkuulajad. Selleks tuleb õpetajal püstitada järjest uusi ja uusi probleeme. Õpilasi võib aktiviseerida ka lühiajalise iseseisva töö, katsete, ülesannete jne. abil.

Vestluse läbiviimisel on vaja õpetajal meeles pidada järgmist.

1. Õpitava paremat omandamist soodustab täpne ja sisukas kõne, milles «sõnadel on kitsas, aga mõtetel avar». Õpetajad, kes ise räägivad vähe, kuid lasevad rääkida õpilastel, saavutavad alati paremaid tulemusi.

2. Õpilastel on hea kuulata rahulikku, vajalikul määral emotsinaalset kõnet. Karjuv ja närviline jutt ärritab õpilasi, viib distsipliinirikkumisteni. Liiga vaikne hääl ei ulatu alati iga õpilaseni, nõuab pingutatud tähelepanu.

3. Kõige sobivam on mõõdukas tempo, kusjuures tähtsamaid ja raskemaid ainelõike esitatakse aeglasemalt, vähem olulisi ja lihtsamaid aga kiiremini.

4. Õpetaja jutustus peab olema keeleliselt õige ja vaba žargoonist. Ei ole lubatud sellised väljendid, nagu «Kirjutage vesiniku aatom», «Kirjutage tahvlile reaktsioon», «See reaktsioon kulgeb nii, et tsingi aatom tõrjub väävelhappest välja kaks vesinikku». Nende asemel tuleks öelda: «Kirjutage vesiniku keemiline märk», «Kirjutage tahvlile reaktsiooni võrrand» ja «See reaktsioon kulgeb nii, et iga reaktsiooni astunud tsingi aatom tõrjub ühest väävelhappe molekulist välja kaks vesiniku aatomit». Lubamatu on ka keemiliste valemite kasutamine kõnes, näiteks: «Lisame naatrium-oo-haa-lahusele kuprum-es-oo-nelja lahust». Tuleb öelda: «Lisame naatriumhüdroksiidi lahusele vasksulfaadi lahust.»

5. Häid tulemusi saavutatakse, kui üheaegselt õpetaja jutustuse või vestlusega märgitakse tahvlile alapealkirjad, uued terminid, valemid ja reaktsioonide võrrandid. Õhtlasi on soovitatav, et selle, mis on tahvlil, märgiksid õpilased ka oma vihikutesse.

2. TÖÖ ÕPIKUGA.

Tänapäeva kooli ülesandeks on anda õpilastele lisaks teadmistele ka oskusi teadmiste iseseisvaks omandamiseks, seepärast on iseseisev töö raamatuga õppetöö üks vajalikumaid meetodeid.

Paljudel õpilastel on hästi arenenud nägemismälu. Heas õpikus on tekst vajalikul määral liigendatud — tähtsamad mõisted esile tõstetud, vähem oluline peene kirjaga antud, joonised ja skeemid koos seletustega hästi paigutatud. See hõlbustab faktide ja järelduste meeldejätmist. Kui õpik esitab iga peatüki sisu hästi süstematiseeritult ja loogilises järjekorras, omandavad õpilased teadmisedki süsteemipäraselt. Õpiku kordamisküsimused ja harjutused peavad olema esitatud nii, et nad innustaksid õpilast loetut uuesti mõttes läbi elama ning juba omandatud teadmiste alusel uusi järeldusi tegema.

Kuna kõik õpilased ei suuda pakutavaid teadmisi õppetunnis omandada, on tingimata vajalik töötada ka kodus. Aeg-ajalt tuleb ka varem omandatut iseseisvalt korrata. Lisaks sellele juhtub paratamatult, et õpilased puuduvad koolist ja peavad seetõttu õppematerjali selgeks saama õpiku abiga. Kõik see eeldab, et õpilastel on vaja osata hästi kasutada õpikut.

Õpikuga õigesti töötama tuleb õppida juba alates esimestest keemia tundidest. Õpilastele võiks soovitada järgmist.

1. *Enne kui asud teatud lõigu või paragrahvi õppimisele, mõtle hoolega pealkirja üle, et teaksid, millest tuleb juttu.*
2. *Tuleta meelde, millest oli juttu eelmises paragrahvis.*
3. *Loe õpitav tekst tähelepanelikult läbi, märgi välja kõik võõrad sõnad, vaata hoolikalt jooniseid ja skeeme ning koosta kava.*
4. *Tee selgeks kõik võõrad sõnad, otsi neid õpikust või vihikust eespoolt, vaata õigekeelsuse sõnaraamatust või mõnest teisest käsiraamatust.*

5. *Loe paragrahv läbi üksikute lõikude (kavapunktide) kaupa ja korda loetut suletud raamatu juures. Korda seni, kuni oled kindel, et sa õppetüki sisu iseseisva jutustuse kaudu oskad edasi anda.*
6. *Valemid ja võrrandid kirjuta mälu järgi paberile ning kontrolli raamatust, kas kirjutasid õigesti; kirjuta uuesti, kuni sa selles enam ei eksi.*
7. *Püüa mõttes vastata ka õpiku kordamisküsimustele ja lahenda harjutused. Katsu leida omapoolseid näiteid. Mõtle, kas sul ei ole õpetajalt midagi täiendavalt küsida.*
8. *Lõpuks oleks kasulik paragrahv tervikuna läbi lugeda ja endamisi korrata. Seda on kõige otstarbekam teha mõni tund pärast õppimist või hommikul enne kooliminekut.*

Et õpilased tõesti omandaksid harjumuse raamatuga töötada, selleks ei piisa ainult juhtnööride andmisest, vaid neid harjumusi tuleb pidevalt kujundada. Iga kord, kui antakse kodune ülesanne, tuleb selgitada õpilastele, kuidas nad seda peaksid tegema.

Kõige lihtsam instruktsioon koduseks tööks õpikuga on: «Õpi peatükk selgeks nii, et sa võiksid hästi vastata kõikidele õpiku kordamisküsimustele!» Esialgu piisab sellestki. Hiljem võib õpetaja ise anda küsimused, neid juba pisut laiendades ja varemõpituga sidudes, ning lisada täiendavaid ülesandeid (teha vihikusse mõni skeem, arvutada, kirjutada välja terminid jne.).

Üheks raskemaks ülesandeks töös õpikuga on õpitava peatüki plaani koostamine, kuna õpikuis ei ole iga kord kõik peatükid alaliigitatud. Kui siirdutakse üksikute ainete õppimisele (hapnik, vesinik, vesi), tuleb kava koostamist tingimata nõuda ja seda ka õpetada. Plaanipärasuse parimaks kooliks on õpetaja enda süsteemikindel jutustus (või vestlus) klassis, mida saadab plaan tahvlil.

Edaspidi lähevad ülesanded veelgi raskemaks: plaankonspekti koostamine, täiendavate näidete väljamõtlemine, õpitava elemendi või aine võrdlemine mõne varemõpitud elemendi või ainega, ülesannete koostamine jne.

Järjekindlalt tuleb tundides leida aega ka mõne üksiku lõigu läbitöötamiseks ja selgeksõppimiseks õpiku abil.

Lihtsaim võte, millega 7. klassis alustada tuleks, on üksikute mõistete ja definitsioonide õppimine raamatust. Kui asja olemus õpilastele katsete varal on selgeks teh-

tud ja õpetaja vestluse käigus käsitletud nähtusele juba definitsiooni on andnud, teeb ta ettepaneku: «Loeme, kuidas see õpikus on kirja pandud. Pärast mõnekordset läbilugemist suleme õpikud ja kordame definitsiooni peast.» Hästi sobib kirjeldatud võte lagunemis- ja ühinemisreaktsiooni, liht- ja liitaine ning mitmete teistegi mõistete omandamisel.

Edaspidi palub õpetaja õpilasi juba pikema lõigu õpiku teksti läbi lugeda ja teeb enne teatavaks küsimused (näiteks kantavale tahvlile kirjutatult), millele õpilased pärast vastama peavad. Kindlasti tuleb aga teatada, kui pika aja jooksul peavad nad antud ülesande täitma.

Hästi sobib kirjeldatud metoodiline võte näiteks endo- ja eksotermiliste reaktsioonide õpetamisel. Õpetaja teeb õpilastele teatavaks, et alapeatükk «Soojuse vabanemine ja neeldumine keemilistel reaktsioonidel» tuleb neil õpikust iseseisvalt selgeks õppida. Õpetaja annab selleks aega 7—8 minutit ja ütleb õpilastele, et õppeaine on omandanud see, kes oskab vastata kõigile küsimustele, mis on kirjutatud kantavale tahvlile. Tahvel asetatakse oma kohale ja õpilased süvenevad lugemisse.

Tahvlil on järgmised küsimused.

1. *Meenuta, milliste keemiliste reaktsioonide puhul vabaneb soojus.*
2. *Nimeta mõnd keemilist reaktsiooni, mille kulgemisel neeldub soojust.*
3. *Kuidas nimetatakse keemilist reaktsiooni, mille toimumisel vabaneb soojust?*
4. *Milliseid keemilisi reaktsioone nimetatakse endotermilisteks?*
5. *Miks on eksotermilised reaktsioonid praktikas tähtsad?*

Õpetaja jälgib, kuidas õpilased töötavad, nende reageeringust on näha, kas nad jõuavad antud ajaga ülesande täita. Kui õpetaja märkab, et 7—8 minutist on vähe, lubab ta pisut kauem õppida. Nüüd suletakse õpikud ja vastatakse tahvlil antud küsimustele. Küsimusi ette lugeda pole mõtet ei õpetajal ega õpilastel. Kui on aega, võib ühel õpilasel lasta veel kord korrata kõigi küsimuste vastused. Sellest kujunebki seotud jutustus antud teemal.

Väga vajalik on juba tunnis õpetada mõistma ning kasutama õpikus leiduvaid skeeme ja tabeleid.

Kui käsitletakse ainete lahustuvust, demonstreerib õpe-

taja kõigepealt, et erinevaid aineid on võimalik niisama suures veehulgas lahustada erineval hulgal. Aineid lisatakse kuni küllastumiseni ja õpitakse kohe selgeks küllastunud ja küllastumata lahuse mõiste. Järgnevalt on otstarbekohane näidata varem valmistatud õppevahendit, kus erinevatel temperatuuridel saadud kaaliumnitraadi küllastunud lahused on jahutatud ja sool lahusest välja kristalliseerunud. Nüüd õpitakse õpikust selgeks lahustuvuse definitsioon. Õpilased avavad õpikud lahustuvuskõverate graafiku kohal ja teevad järgmise sisuga suulisi harjutusi.

1) Kui palju kaaliumjodiidi lahustub 100 g vees 30° juures, 55° juures, 5° juures ...

2) Kui palju vasksulfaati võib lahustada 80° juures 100 g vees, 200 g vees, 50 g vees, 1 kg vees ...

3) 100 g vees saadi lahustada maksimaalselt 35 g vasksulfaati. Milline oli temperatuur?

Kui käsitletakse soolade füüsikalisi omadusi, tuleb õpetada kasutama soolade lahustuvuse tabelit. Selleks sobivad jällegi lihtsad suulised harjutused: kuidas lahustub kaaliumsilikaat, tsinksulfit, vaskkarbonaat jne. Õpetaja küsimustele peavad õpilased kiiresti vastama, kuni õpetajal on selge, et kõik õpilased tabeli kasutamises vabalt orienteeruvad.

Ka uute terminite ja nimetuste õppimisel tunnis tuleb tingimata kasutada õpikut. Sel juhul on õppimise metoodika väga sarnane uute sõnade omandamisega võõrkeeles. Elementide nimetuste õppimisel loeb õpetaja kindlasti ise ladinakeelsed nimetused paar korda ette, laseb neid siis õpilastel kooris ja ükshaaval õpikust lugeda, seejärel palub õpilastel vaikselt omaette nimetusi õppida ja siis organiseerib mõne mängu õpitu kontrolliks ning kinnistamiseks.

Kui 8. klassis alustatakse soolade õppimist, on eeskätt vaja kindlalt omandada soolade nimetused. Kuigi õpilased nimetusi *sulfaat*, *nitraat* ja *kloriid* juba eelmisest õppeaastast tunnevad ning ka termineid *karbonaat* ja *silikaat* on kuulnud, võib siingi tuttavate nimetuste kordamiseks ja uute õppimiseks kasutada õpiku tabelit. Et nimetused pole rasked, võib need kohe lasta ühel õpilasel ette lugeda ja seejärel anda pisut aega, mille jooksul vaikselt õpitakse. Õpetaja annab korralduse, et õpilased suleksid raamatud ja pinginaabrid kontrolliksid teineteise teadmisi: üks

naabritest ütleb tasakesi soolade nimetusi, teine kirjutab valemeid oma vihikusse; mõne aja pärast osad vahetatakse. Lõpuks korraldab õpetaja diktaadi või mõne muu frontaalse harjutuse. 15—20 minuti jooksul õpivad peaaegu kõik õpilased soolade nimetused sel viisil selgeks ja oskavad nimetusi valemitega seostada (muidugi eeldusel, et valemite tuletamine valentsi alusel on neil varem selgeks õpitud).

Kui õpetaja aeg-ajalt õpikut ka klassis kasutab ja ise jälgib, kui kiiresti üks või teine õpilane teadmisi omandab, siis ei hakka ta ka koduste ülesannete andmisel liialdama. Nii näeb õpetaja ka õpilaste individuaalseid iseärasusi, oskab anda juhtnööre koduseks tööks ja juhtida tähelepanu õppimise metoodika puudustele (enamasti on selleks tähelepanu kontsentreerimise võime puudus). Kõige olulisem on aga see, et tunnis õpperaamatut kasutades selgitab õpetaja lastele kohe näitlikult, milliseid õppimise ja enesekontrolli võtteid tuleks kodus kasutada.

Peamine töö õpikuga tuleb õpilastel ikkagi teha kodus. Seepärast ei tohiks õpetaja kunagi anda kodust ülesannet, ilma et ta samal ajal ei annaks kaasa soovitust koduseks tööks. Koduse töö juhend võib peituda antud peatüki kavas, mille õpetaja oma jutustuse vältel tahvlile kirjutas. (Õpetaja kommentaar: «Püüdke järgmisel tunnil jutustada sama kava alusel ja jutustage koduski endale seda kava silmas pidades.») Juhtnööriks koduse töö sooritamisel on ka kõik õpetaja poolt antud küsimused ja harjutused — õppides tuleb neile vastus leida. Tingimata tuleb rõhutada, et enne harjutuste tegemist tuleb õpikust teoreetiline osa läbi töötada. Paljud õpilased armastavad kodus enne teha kirjalikke ülesandeid ja siis alles «suulist» õppima hakata. Nii põrgatakse kirjalike harjutuste tegemisel sageli kokku ületamatute raskustega.

3. TÖÖ LISAKIRJANDUSEGA.

Kooliõpiku kõrval on tarvis õpilasi pidevalt harjutada ka muude raamatute kasutamisega. Kõne alla tuleb muidugi populaarteaduslik kirjandus, väga harva ilukirjandus (näiteks mõned reisikirjad), mõnikord ka teatmikud.

Populaarteaduslikku kirjandust võtab õpetaja võimalikult sagedasti tundi kaasa ja loeb ise või laseb õpilastel

lugeda sobiva katkendi illustratsiooniks või täienduseks tema enda seletustele või õpikus leiduvale. Raamatu autori sõnastus on sageli küllalt omapärane ja ilmekas ning erineb tunduvalt õpiku keelest ja õpetaja poolt klassis kasutatavast ütlemisviisist.

Toome võrdluseks kaks erinevat esitusviisi hapniku avastamise kohta. Õpetaja ütleb: «Puhast hapnikku valmistas esmakordselt 1770. a. rootsi apteeker Karl Scheele, kes nimetas selle põlemist soodustava toime tõttu «tuliõhuks».

Õpetaja loeb:

«Kord, kui apteeker kiitis ühele nõudlikule ostjale sinepiplaastri kõrgeväärtuslikke omadusi, tormas laboratooriumist apteeki Scheele ja karjus, viibutades tühja purki:

«Tuliõhk! Tuliõhk!»

«Jumala pärast, mis on juhtunud?» hüüdis apteeker omakorda.

Tundes Scheele vaikset loomust, mõtles ta, et on juhtunud midagi hirmsat, kui laborant on nii erutatud.

«Tuliõhk!» kordas Scheele, koputades vastu tühja purki. «Tulge, lähme, ma näitan teile tõelist imet!»

Ta tiris imestunud peremehe ühes ostjaga laboratooriumi. Siin haaras ta kühvliga koldest mõned poolkustunud söed, avas oma purgi ja viskas need sinna sisse.

Ja kohe lõkatasid kõik söed tugeva, heleda leegiga.

«Tuliõhk!» seletas uhkusega Scheele.

Apteeker ja ostja vaikisid, vaadates arusaamatuses teineteise otsa. Scheele aga võttis pirru, süütas selle, puhus otsekohe ära ja pistis teise «tuliõhu» purki.

Ja jällegi lõi peaaegu täiesti kustunud tuli haruldase helendusega lõkkele.

«Mis nõidus see on?» sosistas vaene ostja, uskudes vaevalt oma silmi. «Purgis polnud ju midagi!» (I. Netšajev «Jutustusi elementidest», lk. 12.)

On selge, et kummalgi juhul kinnistub hapniku avastamise fakt õpilaste teadvuses erinevalt.

Populaarteadusliku kirjanduse kasutamine klassis on oluline sellepärast, et see juhib õpilaste tähelepanu teadmiste ammutamise võimalustele kirjanduslikust allikast. Kui lõpeb tund, kus õpetaja mõnest huvitavast raamatust lisamaterjali pakkus, pole sugugi haruldane, et grupp õpilasi koguneb õpetaja laua ümber ja pärib, mis raamat see oli (kui õpetaja pole tunnis raamatut lähemalt tutvustanud), kust seda võib saada, mis selles veel huvitavat on jne. Osa õpilasi hakkabki siitpeale populaarteaduslikku kirjandust lugema. Nende õpilaste silmaring laieneb ja nad on võimelised alati tundides vestluse käigus sõna võtma, omapoolseid näiteid ja seisukohti esitama. Selliste

õpilaste huvideringi tuleks edaspidi veelgi laiendada. Enamikus koolides toimub see klassivälise töö kaudu. Ka õppetöö käigus on võimalik neid õpilasi suunata ja edasi arendada, andes neile ülesandeid mõne küsimuse põhjalikumaks läbitöötamiseks ja klassile ettekandmiseks.

Eesmärk tuleb aga seda laiem, et kõik õpilased harjuksid kasutama oma teadmiste avardamiseks ka ilu- ja populaarteaduslikku kirjandust. Seepärast annab õpetaja mõnikord (neid võimalusi pole küll eriti palju) ülesandeks kogu klassile mingist raamatust teatud kindlale küsimusele vastuse leidmise. Täiesti jõukohane on näiteks 7. klassi õpilastele järgmine ülesanne. Mõni nädal enne seda, kui plaanis on teema «Vesi», teatab õpetaja: «Varsti hakkame õppima vee omadusi, tema leidumist looduses ja kasutamist. See teema on teile tuttav juba koduloo ja füüsika tundidest. 7. klassi keemia õpik ei lisa teie teadmistele enam väga olulist. Küll aga leidub huvitavaid andmeid vee kohta mitmesuguses populaarteaduslikus kirjanduses. Teen teile kohustuseks 2. märtsiks leida ja läbi lugeda kirjandust vee ringkäigu kohta looduses. Iga õpilane kirjutab selleks ajaks umbes 2—3 lehekülje pikkuse kirjandi (referaadi) nimetatud teemal ja õpib selle nii selgeks, et vajaduse korral on võimeline oma kirjandi sisu jutustama. Soovitan teil kasutada Iljini ja Segali raamatut «Lugusid sellest, mis sind ümbritseb», lubatud on ka teised teosed, kui te neid ise leiate.» Enne tähtaja saabumist on kasulik kontrollida, kuidas töö edeneb. Tunnis, kus käsitletakse teemasid «Vesi looduses» ja «Vee kasutamine» teeb õpetaja paarile (või ka ainult ühele õpilasele) kohustuseks oma referaat ette kanda. Referendile võib esitada lisaküsimusi ja panna talle kohe hinne. Kindlasti annab aga õpetaja kaasõpilastele võimaluse referaati täiendada. Veelgi õigem on hinne panna pärast arutelu ja hinnata ka arutelust aktiivselt osavõtnud õpilasi. Tund lõpeb õpetajapoolse kokkuvõttega.

Et teiste õpilaste töövaev ei jääks hindamata, peab õpetaja leidma võimaluse ka nende kirjatööd läbi lugeda. Veelgi parem, kui õpetaja jõuab töödega tutvuda juba mõni päev varem, siis saab ta lasta tunnis ette kanda parima referaadi ja omab võimalusi arutelu suunamiseks.

Referaatide teemasid võib olla ka rohkem: «Vee omadused» ühele osale õpilastest, teistele «Vesi looduses», kolmandale «Vesi keemilise toorainena». «Vee koostis» kuu-

lub käsitlemisele teisel meetodil, see õpilastele iseseisvaks koduseks tööks ei sobi.

Sama meetod sobib veel mõnede teistegi teemade käsitlemisel, näiteks «Õhu koostis», «Mikroväetised», «Korrosioon» jne.

Huvitavat ja õppeainet elulisemaks muutvat materjali saab ka ilukirjandusest ja reisikirjadest.

Kui on lõpetatud hapete ja leeliste käsitlemine, tuleks teha üldistuste ja kokkuvõtete tegemise tund, kus ei puudu ka leeliste ja kontsentreeritud hapetega töötamisel jälgitavate ettevaatusabinõude käsitlus. Jutustuse asemel otsib õpetaja kindlasti teisi võimalusi teadmiste pakkumiseks. Üks võimalikke variante võiks olla alljärgnev. Pärast üldistavaid ja kordavaid harjutusi annab õpetaja järgmised küsimused (kantaval tahvlil).

1. *Milliseid näiteid tead hapete ja leeliste söövitavate omaduste kohta?*
2. *Kuidas säilitaksid kodus soolhapet ja seebikivi?*
3. *Milliseid ohutustehnika nõudeid tuleb arvestada lubja kasutamisel?*
4. *Millega loputaksid leelisega kokkupuutunud kohta oma riietel?*
5. *Mida peaks sisaldama keemia kabineti esmaabikapp?*

5 minuti jooksul loevad õpilased läbi antud teema käsitluse õpikust. Peaaegu igas klassis leidub õpilasi, kellel on elulisi tähelepanekuid leeliste ja hapetega juhtunud õnnetustest. Kõigepealt kuulabki õpetaja need, vajaduse korral lisab ise mõned näited ja avab siis J. Semperi romaani «Punased nelgid» lk. 159 ning loeb:

«Kui kööki rutanud peremees pilgu üle ukse väikesesse virtinatuppa heitis, nägi ta voodis mustakskõrbenud suuga Astat valukrampides käänlevat ja oigavat.

«Soolhappega,» ütles virtin. «Ei tea, kust ta selle kätte sai. Kui sisse astusin, vedeles pudel maas. Mul oli kogu õhtu niisugune paha aimdus... Ta oli nii imelik. Oh jumal küll, mis nüüd teha? Mis teha?»

«Minge kutsuge silmapilk doktor Karbus alla!» hüüdis Vinnal. «Leidis ka koha, kus skandaali teha, et kõik teaksid ja kuuleksid!»

Ülal jätkus trall ja tants, kui saabus doktor Milistver.

«Kuidas te siis nõndaviisi?» ... ütles ta haiget vaadates, kelles ära tundis kunagise ettekandja kohvikust, kellega ta ikka mõne sõnakese vahetas, kui see lõbusas tujus kohvi serveeris. «Pole viga, pole viga, selle vastu saame kohe abi.»

Kui arst haiget sundis tooreid mune neelama, ajas see vastu. Lastagu tal surra, miks teda veel piinatakse.»

Ülejäänud küsimustele vastavad õpilased tavaliselt kergesti ja õpetajapoolseks kommentaariks polegi vajadust.

Analoogilisi võimalusi pakuvad paljud kirjandusteosed. Iga õpetaja peaks olema hoolas selliseid näiteid koguma. Tuleks koostada väike kataloog, millesse iga kord, kui lugedes mõnele heale näitele satutakse, asetatakse kaardike tähtsamate andmetega leitud näitest.

Õpetaja V. Tikk Tartust on endale koostanud üsna ulatusliku kartoteegi sedalaadi lisamaterjalidest.

Peatüki «Metallid» kohta leidub tema kartoteegis järgmisi 7.—8. kl. kasutatavaid näiteid:

Metalluriga areng	*NLKP programm*	*lk. 30*
Metallide omadusi	*D. Slavin «Metallid», 1953*	*lk. 35*
Sulamid (pronksiaeg)	*D. Slavin «Metallid», 1953*	*lk. 3*
Metallide puu	*D. Slavin «Metallid», 1953*	*lk. 8*
Metallide mõiste (Lomonossovi definitsioon)	*D. Slavin «Metallid», 1953*	*lk. 7*
Alumiinium (krüoliidi vedu)	*A. Fersman «Huvitav geokeemia», 1952*	*lk. 152*
(puhastatud alumiinium) (boksiit)	*„*	*„ lk. 154*
Alumiiniumi kasutamine	*«Tehnika ja tootmine», 1963, nr. 2*	*lk. 10*
Terasevalu (pilt)	*«Венгерское фотоискусство», 1962*	*lk. 38*
Malm (pilt)	*„*	*lk. 22*
Terasevalaja riietus	*„*	*lk. 19*
Teras (tehase kirjeldus)	*S. Lagerlöf «Nils Holgersoni reis», 1958*	*lk. 280*
Kõrgahju töölerakendamine	*B. Galin «Donbassis», 1950*	*lk. 79*
Terasesulataja tööst	*„*	*lk. 130*
Raud (Pliniuse järgi)	*A. Fersman «Huvitav geokeemia», 1952*	*lk. 116*
Raua saamine	*J. Verne «Saladuslik saar»*	*lk. 146*

Olenevalt klassi koosseisust ja muudest tingimustest on õpetajal võimalik tundi ette valmistades valida vajalikku lisamaterjali üsna vähese vaevaga, kui tal on olemas selline kartoteek.

Teatmike ja käsiraamatute kasutamiseks ei ole 8-klassilise kooli keemia tundides eriti palju võimalusi. Ei ole ju koolil tavaliselt võimalust muretseda sellist hulka teatmikke, et neid frontaalses töös kogu klassile jätkuks. Õpilaste vajadusedki faktiliste andmete järele on nii vähesed, et neid keemia õpik rahuldab. Ka keemia õpikut võib pidada teatmikuks õpilaste tarvis. Sellest oma esimesest käsiraamatust peab iga õpilane oskama leida kõik talle vajalikud andmed — soolade lahustuvuse, elementide aatommassid jne. Harjutustundides ärgu antagu õpilastele ülesannetes vajalikke andmeid, mida nad saavad leida ka õpperaamatust.

Individuaalses töös õpilastega (referaatide, viktoriinide koostamine jne.) võib neid suunata ka «Keemia teatmiku» kasutamisele.

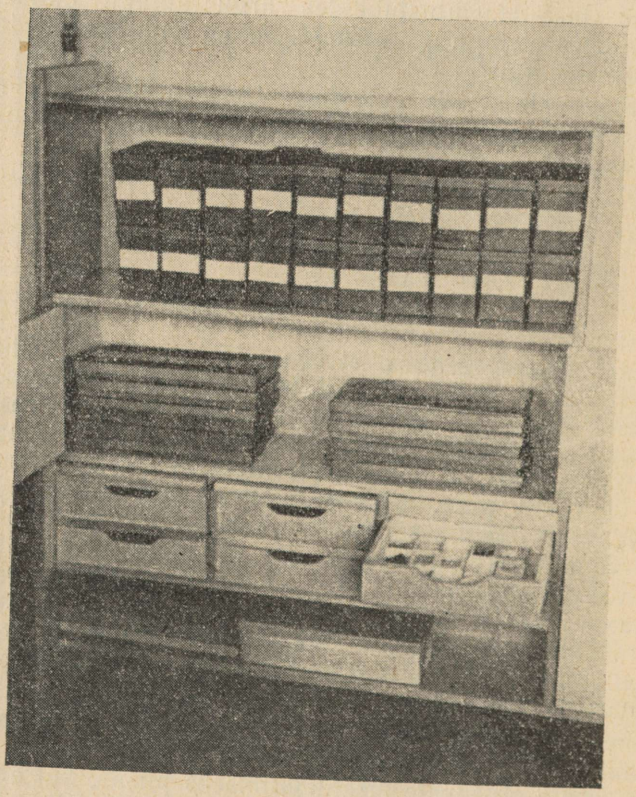
B. NÄITLIKUD MEETODID.

1. AINETE DEMONSTREERIMINE.

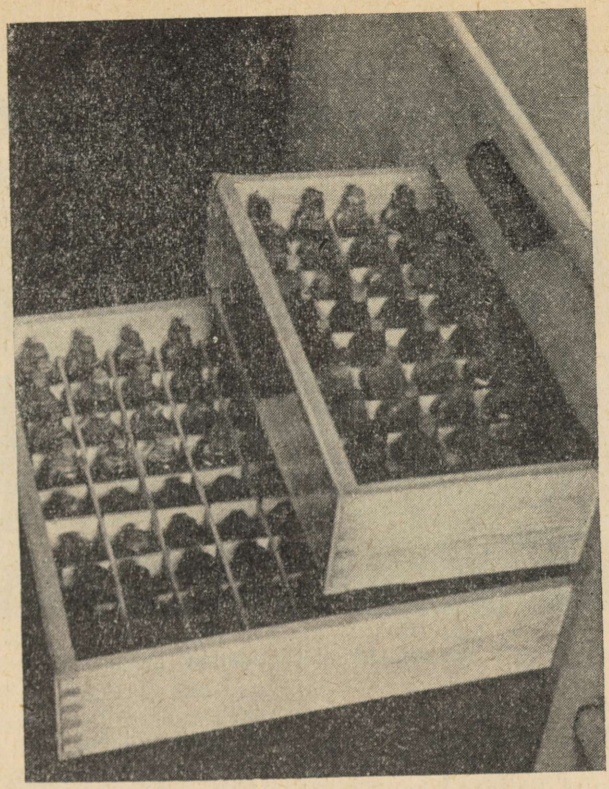
Peaks olema reegliks, et iga uus aine, mida õpilased keemia tunnis tundma õpivad, tehakse kõigepealt oma füüsikaliste omaduste poolest tajutavaks. Ei saa alustada hapniku käsitlemist, kui juba esimeses tunnis, kus hapnikust juttu tuleb, ei ole demonstratsioonilaual gasomeeter või vähemalt purk, mis on täidetud hapnikuga. Pole mõeldav, et õpetaja sõnade «Väävelhape on raske õlitaoline vedelik» kinnituseks ei ole iga õpilane käes hoidnud väävelhappe pudelit. On vale, kui naatriumhüdroksiidi õpetama hakates näitame lastele katseid vaid naatriumhüdroksiidi vesilahusega. Tähtsamad väetised, maavarad, metallid jne. peaksid kõik õpilaste käe- ja silmaulatuses olema, kui neist klassis juttu on.

Ainete vaatlemiseks ja tundmaõppimiseks peab õpetaja oskama luua vastavad eeldused. On üksikuid aineid, mille olulisemate omaduste meeldejätmiseks piisab, kui õpilane seda ainet näeb õpetaja käes või demonstratsioonilaual.

Et süsihappegaas on värvuseta ja raske gaas, see saab õpilastele selgeks õpetaja poolt näidatud demonstratsioonikatsete abil. Vaskvitriol on sinine kristallilise ehitusega tahke aine — see jääb meelde, kui vaskvitrioli purki ka korraks õpetaja käes on nähtud. Enamasti nõuab ainete füüsikaliste omaduste tundmaõppimine aga seda, et iga õpilane antud ainet käes on hoidnud, lähedalt näinud ja tema lõhna, lahustuvuse ning teiste füüsikaliste omadustega tutvuda saanud. Selleks on vajalik, et keemia õppevahendite hulgas oleksid hästi korrastatud kollektsioonid tähtsamatest ainetest, kusjuures pakendite arv võrdugu töölaudade arvuga klassis. Hapete ja leeliste vesilahused



Joon. 1. Jaotusmaterjali paigutamine kappidesse.



Joon. 2. Jaotusmaterjali paigutamine sahtlitesse.

ning indikaatorite lahused on igas keemia kabinetis ühesugustes pudelikestes juba laboratoorsete tööde tarvis alati käepärast. Klaaspurgikesed ja pudelid on sobivad ka leeliste, soolade ja mõnede oksiidide väljajagamiseks igale töölauale. Väetised, maagid, põlevkivi jne. võivad olla pakitud polüetüleenist kotikestesse.

Mõnikord pole aga võimalik sellist kollektsiooni luua. Näiteks ei ole igal koolil vajalikul hulgal rauamaake, ei piisa kindlasti ka 8. klassis õpetatavaid metalle (kroom, volfram), pole mitut mikroskoopi tärklisterade näitamiseks. Sellisel juhul kutsub õpetaja vaatluseks õpilased



Joon. 3. Jaotusmaterjali paigutamine kappidesse.

rühmadena enda juurde või viib demonstreeritava aine ise iga õpilaseni. Kui vaatlus võtab rohkem aega, võib ülejäänud õpilased seniks rakendada mõne ülesande iseseisvale lahendamisele.

Väga tähtis on enne aine demonstreerimist õpilasi õigesti suunata olulise ja vajaliku tähelepanemiseks. S. Šapovalenko andmetel omandavad õpilased vaatluse teel teadmised ainete füüsikalistest omadustest ebatäielikult ja ebaõigesti. Nad jätavad meelde vaid kõige silmapaistvamad omadused, mis ei tarvitse alati olla kõige olulisemad. Tema pedagoogilised eksperimendid näitavad, et õpilased oskavad rohkem tähele panna ja meelde jätta siis, kui nad on eelnevalt instrueeritud. Ta andis õpilastele kava, mille alusel nad alati peavad kirjeldama ainete füüsikalisi omadusi. Selles kavas märgiti ära ka omadussõnad, millega ainete üht või teist füüsikalist omadust võis kirjeldada. Näiteks: a) füüsikaline olek (tahke — kristalliline, amorfne, rabe, sepistatav; vedelik — viskoosne, ker-

gesti liikuv...). Samal ajal oli keemia kabinetis välja pandud stend näidetega viskoossetest ja kergesti liikuvatest vedelikest, habrastest ja sepistatavatest, kristallilistest ja amorfsetest ainetest. Pärast sellist ettevalmistust said õpilased demonstreeritud ainete füüsikaliste omaduste kohta märksa täielikumad ja sügavamad teadmised. Kui sellist põhjalikku ettevalmistustööd pole tehtud, tuleb igakordse demonstratsiooni eel õpilaste tähelepanu juhtida sellele, mida nad peavad tähele panema. Kui demonstreeritavaid aineid on mitu ja nad on õpilaste laudadele välja jagatud, pole halb nendele lisada lühike kirjalik juhend. Enamasti pole see vajalik, kuna ainete iseloomustused leitakse õpilaste ja õpetaja ühises vestluses.

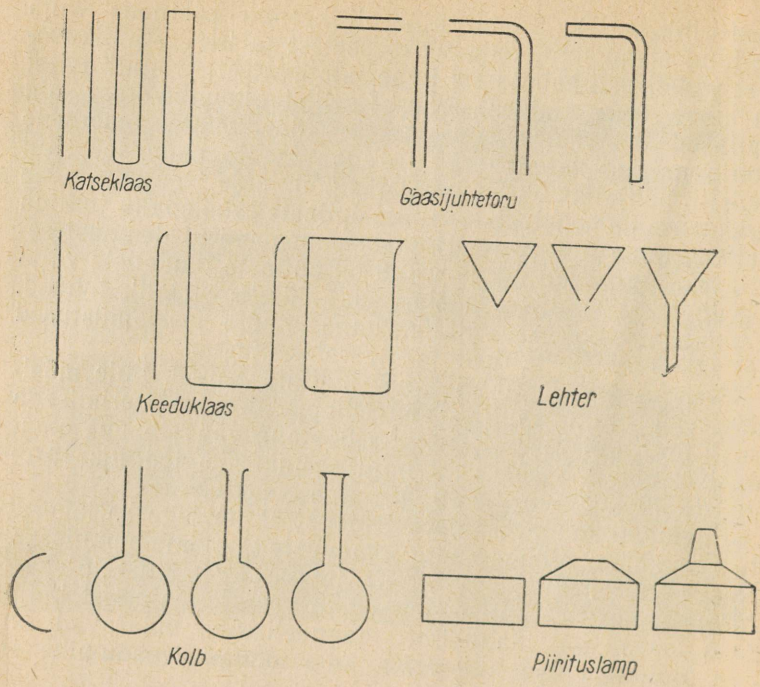
Demonstreerida tuleb ainult puhtaid aineid. Pole mõeldav, et õpetaja tehnilise väävelhappe demonstreerimisega saab õpilastele õigesti selgeks õpetada väävelhappe omadusi. Muidugi iseasi, kui ongi eesmärgiks tehnilise produkti omaduste võrdlus puhta aine omadustega.

Enamasti kaasneb ainete demonstreerimisega ka laboratoorne katse nende ainete omaduste tundmaõppimiseks. Raske on tõmmata teravat piiri laboratoorse katse ja vaatluse vahele. Kui õpilased väetiste vees lahustumist kindlaks teevad või magnetiidi magneetilisust määravad, on see muidugi juba katse. Ka aine lõhnas veendumine ei ole enam lihtsalt vaatlus.

Tunde, milles kasutatakse õppemeetodina ainete vaatlust, oleme kirjeldanud praktilisi ja sõnalisi meetodeid käsitlevates peatükkides.

2. PILTIDE, JOONISTE, TABELITE JA MUDELITE DEMONSTREERIMINE.

Üheski koolis ei ole võimalik õpilastele natuuris demonstreerida kõiki keemilisi protsesse, seadmeid ja aparaate, mille tundmaõppimine on ette nähtud keemia programmis. Mõned koolid pääsevad ekskursioonile lubjapõletamisahju juurde, teistel on võimalik külastada hapniku tootmise tsehhi, kõrgahi ja nafta utmise tehas on aga Eesti NSV koolidele õppevahendina kättesaamatud. Kui õnnestubki külastada keemiatööstust, on õpilastel torude ja aparaatide rägastikus raske orienteeruda ja mõista seal toimuvate protsesside kulgu ning olemust. Seepärast on



Joon. 4. Keemia katseriistade joonistamine.

hädavajalik, et koolil oleks skeeme, fotosid ja mudeleid. Ilma nendeta pole võimalik luua õpilastele ettekujutust ühestki tööstusharust, mida programmi kohaselt tuleb õpetada.

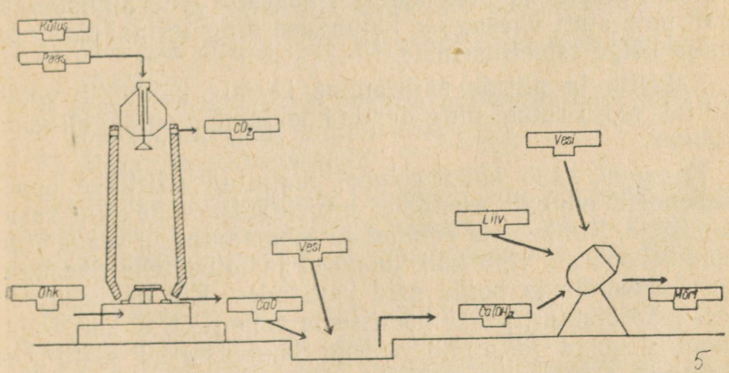
Mõningate inimese silmale mittetajutavate nähtuste ja faktide paremaks mõistmiseks on vaja luua neist piltlik ettekujutus. Seepärast ei tohi ühestki keemia kabinetist puududa diagrammid ja graafikud elementide leidumissageduse, ainete lahustuvuse, väetiste vajaduse ning nende mõju kohta jne.

Demonstratsioonikatsetel kasutatavate aparatuuride ehituse ning mõnede mikromaailma nähtuste (molekulide ehitus, liht- ja liitainete erinevus) paremaks mõistmiseks aitab kaasa lihtne tahvlijoonis. Viimase eeliseks võrreldes teiste näitlike vahenditega jääb alati see, et ta valmib otse õpilase silmade all osade kaupa, et õpilane saab samal

ajal, kui õpetaja seda teeb, endale vihikusse reprodutseerida samasuguse joonise. Kantavale tahvlile joonistatud skeemid ja diagrammid on ainult trükitud õppevahendite aseaineks ja seega vaid hädakorral kasutatavad.

Nagu juba mainisime, on tööstuslike protsesside sisu õigeks lahtimõtestamiseks ja seletamiseks vajalikud ülevaatlikud skeemid. Hea tabel või skeem annab lihtsas vormis edasi kõige olulisema kujutatava seadme ehitusest ja tema töötamise printsiipidest. Ta on vajaliku suurusega, peamised kontuurid ei ole peenemad kui 3,5 mm, joonestatud on ta mustaga valgele, vajaduse korral nõrgalt koloreeritud hallides ja kollastes toonides, tähtsamate protsesside kujutamiseks on kasutatud ka punast ja teisi silmatorkavaid värvitoone. Peale pealkirja pole skeemile vaja midagi kirjutada, kui sama nähtuse selgitamiseks on ka õpikus joonis. Kui allkirjad ja täiendavad seletused on skeemil vajalikud, võiksid nad olla tabelile eraldi kinnitatavad. Selleks võib tabelile kleepida tsellofaanist fotonurgad või lõigata tabeli aluspaberisse pilud. Selline äravõetavate kirjadega tabel on hästi kasutatav õpilaste teadmiste kontrollimisel.

Huvitavat vaheldust pakuvad V. Feldi kirjeldatud aplikatsioonid, mis kujutavad üksikuid objekte mingist suuremast seadmest. Nad on kujutise väliskontuuri mööda välja lõigatud ja paksemale alusele kleebitud. Neid võib



Joon. 5. Kinnitatavate nimetustega tabel.

tahvli külge riputada (kui tahvlil on vajalikud naelakesed või konksukesed olemas), võib kasutada vastava horisontaalse aluse olemasolu puhul (laud, millesse on pilu lõigatud või millel on väikesed kinnitusklotsid) tasapinnaliste makettide tegemiseks. Sellisele aplikatsioonile, kui ta ripub tahvli kohal, on hea õpilaste teadmiste kontrollimisel lasta nimesid, reaktsiooni võrrandeid, temperatuure jne. juurde kirjutada. Mõnest tööstuslikust seadmest on otstarbekas valmistada kaks erinevat aplikatsiooni — üks, mis kujutab seadme välist ehitust, teine (täpselt samas formaadis), mis annab skemaatiliselt edasi sisemist ehitust või seadmes toimuvaid protsesse. Tunni algul olek- sid nad asetatud üksteise peale. Algul tutvustab õpetaja pealmise aplikatsiooni kaudu õpitava objekti väliskuju, võtab siis pealmise kujutise ära ja nagu avab sellega õpilastele vaate seadme sisemusse.

Vaheldumisi skeemide ja joonistega tuleb õpilastele näidata fotosid tööstusest üldisemas ja detailsemas plaanis. Ajakirjanduses ja mitmesugustes fotoalbumites ilmub selliseid fotosid rikkalikult, vaja neid ainult tähelepanelikult süstematiseerida ja koguda.

Näitlike õppevahendite kollektsioon, mida õpetaja mõnikord tunnis kasutama peab, kasvab sel viisil muidugi küllalt kogukaks ja demonstreerimine muutub keerukaks. Õpetajal tuleb üles riputada mitu tabelit (mis sageli varjavad ära tahvli pinna), vahelduseks näidata pilte raamatust või ajakirjast. Kõiki tabeleid ei ole trükitud kujul müüa, õpetaja on neid õpilaste kaasabil ise valmistanud, nad pole alati ühesuguse kujunduse ning formaadiga ega mõju kõige esteetilisemalt.

Tabelite ja piltide säilitamine keemia kabinetis võtab küllalt palju ruumi ning nende hooldamine on sageli üsna tülikas.

Kaasajal saab kõiki eelpool mainitud näitlikke õppevahendeid edukalt asendada projektsioonivahendite kasutamisega. Kui keemia kabinet on pimendatav ja varustatud epidiaskoobiga, võib kõik joonised ja fotod teha ühesuguses formaadis ja hoida neid kaustades. Kui on kasutada hea diaprojektor, peaks hoolitsema selle eest, et kõik vajalikud skeemid ja pildid oleksid jäädvustatud diafilmile. Selliseid diafilme on mitmed meie vabariigi keemia õpetajad ise valmistanud. Diafilmil on antud teema jaoks

olemas kõik vajalikud skeemid, diagrammid, fotod ja joonised. Mõningaid diafilme ja diapositiive õnnestub hankida ka õppevahendite kauplusest.

Õpetaja projitseerib vajalikud kaadrid üksteise järel ekraanile, kasutab neid kui tabeleid, fotosid või jooniseid. Tabelitel on projektsioonidega võrreldes üks eelis — neid võib korraga välja panna ka mitu (kui klassis selleks võimalus on, näiteks pikk kaardivarn klassi külgseinas) ja jätta nähtavale kohale pikemaks ajaks, et demonstreeritav õpilaste mälus paremini kinnistuks. Ka projektsiooniseadmete olemasolu korral võib keemia kabinetis olla tabelite kollektsioon. Hädavajalikud on tabelid, mida kasutatakse mitmes tunnis (aatommassid, lahustuvus, Mendelejevi tabel). On hea, kui neid on väikeses formaadis iga õpilaslaua jaoks üks, et sellisel juhul, kui õpiku kasutamist ei peeta soovitavaks (kontrolltööd), võiksid õpilased kasutada individuaalseid tabeleid.

Osavate kätega õpilastel võiks lasta ehitada naftapuurtorni, kõrgahju, lubjaahju ja mõningate teiste tööstuslike seadmete maketid.

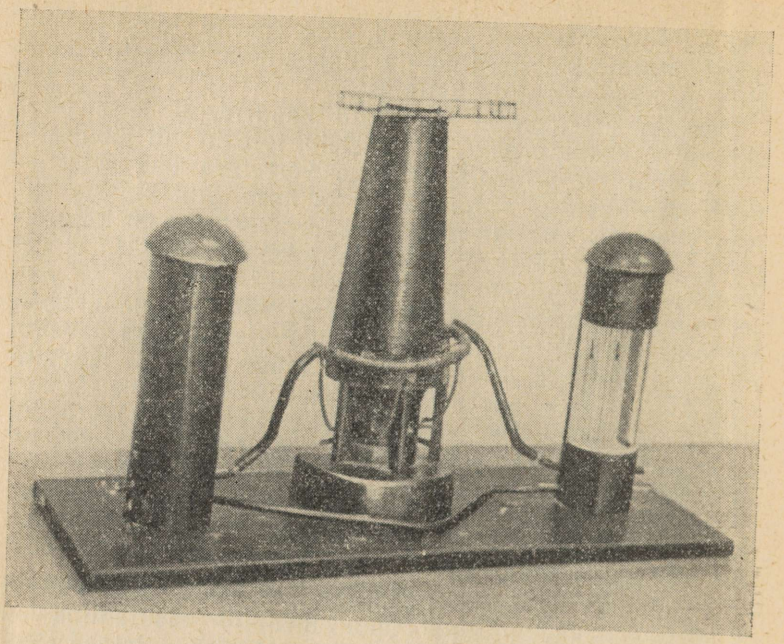
Kirjeldame teema «Kõrgahjuprotsess» käsitlemise tundi 8. klassis, kus näitlike õppevahendite kasutamine on paratamatu. Eeldame, et õppefilm «Malmi ja terase tootmine ning kasutamine» on eelnevalt õpilastega läbi vaadatud.

Kui õpetaja on kontrollinud õpilaste teadmisi raua leidumisest looduses ja teatavaks teinud käesoleva tunni teema, esitab ta õpilastele järgmised küsimused.

1) *Milliseid aineid võib kasutada raua taandamisel oksiididest?*
2) *Kuidas nimetatakse metallurgiakombinaadi seda osa, kus toimub raua taandamine?*
3) *Mida teate kõrgahjust?*

Kuulatakse ära õpilaste tähelepanekud filmidest, kirjandusest. Õpetaja näitab pilte kõrgahjust (ilma kauperiteta), lisab mõned kommentaarid kirjandusest või oma isiklikest tähelepanekuist.

Tahvli kohale asetatakse joonis kõrgahju välisvaatega, sellele kinnitatakse või selle kõrvale tahvlile kirjutatakse kõrgahju osade nimetused. Õpetaja võtab pealmise joonise ära ja selle all näevad õpilased täpselt samasugust skeemi kõrgahju sisevaatest.



Joon. 6. Kõrgahju makett.

Õpetaja jätkab vestlust.

4) Milliseid tooraineid on vaja panna kõrgahju? Vaadelge neid, nad on teie laudadele välja pandud!

5) Mida veel on vaja? Kust juhitakse kõrgahju õhk?

6) Kuidas laaditakse kõrgahju maak, koks ja räbustaja?

Seejärel selgitab õpetaja kõrgahjus toimuvaid keemilisi protsesse. Jutustuse lõpul esitab ta järgmised küsimused.

7) Mille kaudu väljub malm kõrgahjust?

8) Milleks kasutatakse kõrgahjust väljuvat gaasi?

Nüüd näidatakse õpilastele kõrgahjutsehhi üldvaadet ja selgitatakse kauperite ülesannet. Kui on olemas kõrgahju makett, asetatakse seegi demonstratsioonilauale.

Tunni lõpul näidatakse kaardil tähtsamaid musta metallurgia keskusi ning vaadeldakse diagrammi malmi toodangu kasvust Nõukogude Liidus.

Oleks hea, kui nüüd saaks veel korrata seda lõiku filmist, kus näidati kõrgahjuprotsessi.

Kirjeldatud tunnis kasutatud tabeleid ja pilte võib asendada diafilmi kaadritega. Diafilm võib sisaldada veel terve rea täiendavaid illustratsioone — kõrgahju laadimine, malmi väljalaskmine kõrgahjust, malmi tootmine vanasti, moodne kõrgahi jne.

3. ÕPPEFILMID.

Õppekino on teiste näitlikustamise võimaluste hulgas omandamas viimastel aastatel silmapaistvat kohta. Kuivõrd hästi poleks ka sisustatud kooli keemia kabinet, ei saa seda lugeda täiuslikuks, kui seal puudub õppefilmide näitamise võimalus. Real juhtudel ei ole võimalik filmi teiste õppevahenditega asendada.

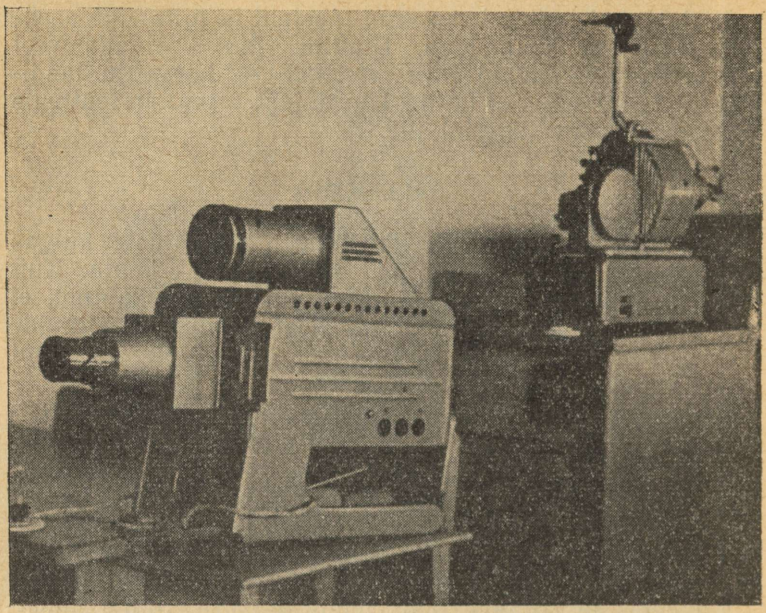
Õppefilm viib õpilased mikromaailma sügavustesse, konkretiseerides nende ettekujutusi aine ehitusest ja aineosakeste liikumisest. Ekraniseeritud tunnis kaoksid nagu aja ja ruumi piirid: pinevil tähelepanuga jälgivad õpilased, kuidas Robert Boyle teeb ajaloolise vea ja murrab katki klaasretordi kaela, Lomonossov aga osutub temast ettenägelikumaks; nad tunnevad end viibivat ookeani sügavustes ja võtavad koos lenduriga osa kliima kunstlikust kujundamisest. Film toob õpilastele lähedale paljugi, mille juurde nad ise ei pääse. Eriti vajalik on filmi kasutamine tööstuslike protsesside tundmaõppimisel. Isegi sel juhul, kui on võimalus viibida ekskursioonil tehases, jääb enamik seal toimuvaist nähtustest torude ja kolonnide sisemuses külastajate silma eest varjule. Hea õppefilm teeb aga näitlikuks just seadiste sisemuse.

Et ekraniseeritud tundide kasutegur oleks maksimaalne, on vaja, et oleksid täidetud järgmised tingimused.

1. Õpetaja peab valdama kinoseadmete kasutamise tehnikat. Enne tunni algust tuleb tal veenduda seadmete ja filmi korrasolekus. Võimalikke rikkeid peab ta olema võimeline kiiresti ja operatiivselt likvideerima.

2. Igas klassis peaks olema 2—3 õpilast, kes on võimelised õpetajat filmi demonstreerimisel abistama. Nende tööks jääb aparaadi käigu jälgimine, filmilindi vahetamine ja filmide ümberkerimine, et õpetaja saaks pühenduda õpilaste juhendamisele ja täiendavate seletuste andmisele.

3. Igal õpetajal olgu ülevaade filmilaenutuskontoris ja Õpetajate Täiendusinstituudi filmoteegis olevate filmide sisust. Mitmed neist ei ole õpetamise seisukohalt vajali-



Joon. 7. Projektsiooniseadmed keemia kabinetis.

kud tervikuna, küll aga sisaldavad üksikuid fragmente, mida saab kasutada. Ainesektsioonide tööplaanis võiks aeg-ajalt olla õppefilmide ühisvaatamine, et õpetajad oleksid tuttavad kõigi filmide sisuga.

4. Põhjalikult tuleb läbi mõelda ekraniseeritud tunni metoodika, kuna see tunnitüüp esitab õpetajale küllaltki suuri nõudmisi. Tundide ekraniseerimisel ei ole veel nii kindlaid väljakujunenud võtteid nagu klassikaliste meetodite osas. Võimalusi otsinguteks ja leidmisteks on siin rohkesti, samuti ka võimalusi ebaõnnestumisteks, kui õpetaja suhtub tunni ettevalmistamisesse kergekäeliselt.

Filmi võib õppetunnis kasutada mitmel viisil. Teda võib näidata enne uue materjali käsitlemisele asumist. Nähtu tekitab õpilastes huvi uue teema vastu ja annab mõningaid konkreetseid kujutlusi maailma ühest osast, mida veel ei tunta, aga millega tutvumine seisab ees. Näiteks enne raua käsitlemist sobib sissejuhatavaks filmiks «Malmi ja terase tootmine ning kasutamine».

Filmi demonstreeritakse enamasti aga pärast seda, kui mingi teema käsitlemine on lõpetatud ja õppeaine õpilaste poolt põhiliselt omandatud. Nüüd annab film võimaluse õpilaste teadmiste kinnistamiseks ja süvendamiseks. Kui seitsmendas klassis on lõpetatud molekulaar-atomistliku teooria põhitõdede ja keemia põhimõistete õppimine, on võimalik õpitu kinnistamiseks vaadata esimest osa filmist «Aatomirelva füüsikalised alused».

Fragmente filmist sobib kasutada illustratsiooniks õpetaja seletuse juurde. Näiteks võib õpetaja pärast seda, kui ta on jutustanud süsihappegaasi kasutamisest, näidata vastavaid kaadreid filmist «Süsinikdioksiid».

Katkendid filmist võivad olla ka uute teadmiste allikaks. Õpetaja instrueerib õpilasi, mis neil filmi vaadates peab selgeks saama, näitab siis vastavaid episoode ja kontrollib hiljem, kuidas õpilased vaadatut mõistsid.

Millisel viisil õpetaja filmi tunnis kasutab, ei sõltu kahjuks alati õpetajast endast. Sageli juhtub, et õpetajal ei ole võimalust vajalikku filmi laenutada just selleks tunniks, milleks planeeritud oli (käsitlevad ju erinevate koolide õpetajad enam-vähem samal ajal üht teemat). Paljudes koolides ei ole võimalik filmi näitamist ühendada teiste keemia tunnis vajalike õppemeetoditega (katsed, demonstratsioonid), sest keemiaklass pole pimendatav, nn. kinoklassis aga puudub võimalus katsete tegemiseks või see on seotud ebamugavustega (katseriistade kandmine teisele korrusele jne.). Sellest tingituna kasutatakse filmi enamasti kas antud teema sissejuhatusena või kinnistamiseks.

Millist filmi demonstreerimise moodust ja aega õpetaja ka ei valiks, igal juhul ei tohi ta unustada, et tegemist on ekraniseeritud õppetunniga, mitte aga lihtsalt kinoseansiga. Õpetajapoolne sissejuhatus, suunavad küsimused või plaan eelnegu kindlasti filmi näitamisele. Kõige parem on, kui õpetaja kogu filmi vältel suudab ise anda eestikeelset seletust (filmi heli välja lülitades). Filmi järel on tingimata vajalik veenduda, kuidas õpilased vaadatut mõistsid. Seda võib teha vestluse või arutluse teel, mis lõpeb õpetajapoolse kokkuvõttega. Järeldused kirjutatakse töövihikutesse. Võib korraldada ka lühikese kirjaliku kontrolltöö. Individuaalne kontrollimine annab õpetajale ühtlasi mõtteid selle kohta, kuidas tuleks ekraniseeritud tund läbi viia järgmistel kordadel.

Õpetaja sissejuhatav sõnavõtt demonstratsiooni eel olgu lühike ja konkreetne, sest õpilased ootavad alati kannatamatusega filmi. Pikad seletused lähevad nende tähelepanust nagunii mööda. Küsimused on õigem esitada kirjalikult kas kantaval tahvlil või trükitud tööjuhendina igale õilasele. Kui kavatsetakse korraldada filmi vaatamise järel kirjalik töö, võib küsimused õpilastele juba varem kätte anda.

Seletused filmi vaatamise vältel olgu lühikesed, lakoonilised. Nad ei tohi kaadrist maha jääda. Kui on vaja pikemaid seletusi anda, tuleb kinoaparaat seniks välja lülitada.

Tutvustame üht võimalust ekraniseeritud tunni läbiviimiseks.

Oletame, et õpetaja saab enda käsutusse filmi «Mineraalväetised» (valmistatud Põllumajanduse Ministeeriumi tellimisel, koosneb neljast osast) siis, kui tal väetiste käsitlemine on juba pooleli. Arusaadavalt pole tal võimalik seda filmi pikemat aega enda käes hoida. Esimeses sissejuhatavas tunnis on õpilastele antud üldised teadmised väetiste vajadusest ja väetiste klassifikatsioon. Läbi on võetud ka kaaliumväetised.

Tunni teema on «Lämmastikväetised». Õpetaja selgitab lühidalt lämmastikväetiste erilist tähtsust, teeb teatavaks fakti, et $^1/_3$ kõigist kasutatavatest väetistest on lämmastikväetised ja nimetab lämmastikväetiste liigid. Tehakse laboratoorne katse ammoonium- ja nitraatväetiste määramiseks.

Seejärel ütleb õpetaja, et demonstreerimisele tulevas filmis näevad õpilased, kuidas teadlased uurivad väetisevajadust, kuidas mõned taimed koos bakteritega rikastavad pinnast lämmastikuga ning kuidas toodetakse lämmastikväetisi.

Et õpilastel oleks filmi venekeelset teksti kergem jälgida, kirjutab õpetaja tahvlile järgmised sõnad: вещество, удобрение, селитра, азот, hääldab neid ja ja tõlgib. Ühtlasi juhib ta tähelepanu sellele, et teised keemilised terminid, mis filmis esinevad, on kõlaliselt eestikeelsetega väga sarnased.

Filmiaparaat, millesse filmi esimene osa juba enne tundi on asetatud, käivitatakse ja demonstreeritakse filmi, kuni lämmastikväetiste käsitlus lõpeb.

Õpetaja esitab klassile järgmised kontrollivad küsimused.

1) *Kuidas määravad teadlased taimede väetisevajadust?*
2) *Kust saavad liblikõielised taimed neile vajaliku lämmastiku?*
3) *Kuidas rahuldatakse teiste taimede lämmastikuvajadus?*
4) *Mis jäi meelde ammooniumsalpeetri tootmisest?*
5) *Milline lämmastikväetis on kõige lämmastikurikkam?*

Siis annab õpetaja klassile lahendada arvutusülesande (näiteks arvutada väetisekulu teatud suurusega põllupinnale, leida lämmastiku hulk mingis väetisekoguses jne.) ning kontrollib, kuidas abistajaks määratud õpilastel läheb filmi vahetamine. Filmi kolmandast osast sobib demonstreerida väetiste muldaviimise viise, neljandas on aga huvitav katkend ammoniaakvee kasutamisest. Kui aeg võimaldab, püüab õpetaja muidugi mõlemat näidata. Õpilaste teadmiste kontrollile ja hindamisele selleks tunniks eri aega planeerida ei saa. Õpilaste teadmistest annab aga hea ülevaate seegi, kuidas nad vestlusest osa võtsid, katset sooritasid, filmi jälgisid ja ülesannet lahendasid.

Hindame küll kõrgelt tundide ekraniseerimist kui näitlikustamise moodsaimat ja üht efektiivsemat liiki, peame aga vajalikuks rõhutada, et film pole kaugeltki universaalne näitlik õppevahend. Sageli näidatakse must-valges filmis mitmesuguseid aineid, mille nägemine natuuris on tingimata vajalik ja ka igas koolis võimalik. Mõnikord ilmub kinolinale mõni skeem või kaart ja kaardikepp viitab millelegi, kaader aga möödub kiiresti. See on palju otstarbekohasem asendada staatilisema võttega — skeem ripub klassiruumis seinal ja sealt leitakse vajalik. Demonstratsioonikatseid, praktilisi töid, tabeleid ja kaarte filmiga asendada ei saa, ta saab neid ainult täiendada.

4. DEMONSTRATSIOONIKATSED.

Koolieksperimendi paljude liikide hulgas on tänapäevalgi endiselt olulisel kohal katsete demonstreerimine õpetaja poolt. Kõigi õpilaste poolt iseseisvalt sooritatavate katsete osatähtsus suureneb pidevalt ja viimasel ajal täheldatakse mõnedes koolides demonstratsioonikatsete alahindamist.

Oleks aga õigem pöörata tähelepanu demonstratsioonikatsete metoodika ja kultuuri täiustamisele.

Demonstreeritavatel eksperimentidel on mitmeid olulisi eeliseid võrreldes nn. laboratoorsete töödega, kuigi üks ei saa teist asendada: mõlemad on võrdselt vajalikud.

Demonstratsioonikatsete pedagoogiline väärtus ja vajalikkus seisneb eeskätt selles, et õpetaja saab siin nähtavale tuua just seda, mis on katses kõige olulisem, kõrvalised asjaolud (muidugi kui katse on hästi läbi mõeldud ja ette valmistatud) ei kisu õpilaste tähelepanu endale. Vaadeldes õpetaja poolt korraldatud katseid, tutvuvad õpilased katsetehnika õigete võtetega, näevad, kuidas tuleb ümber käia töövahenditega. Õpetaja poolt hästi organiseeritud demonstratsioonikatsed on väliselt efektsed ja huvitavad, nad tõstavad huvi õppeaine vastu.

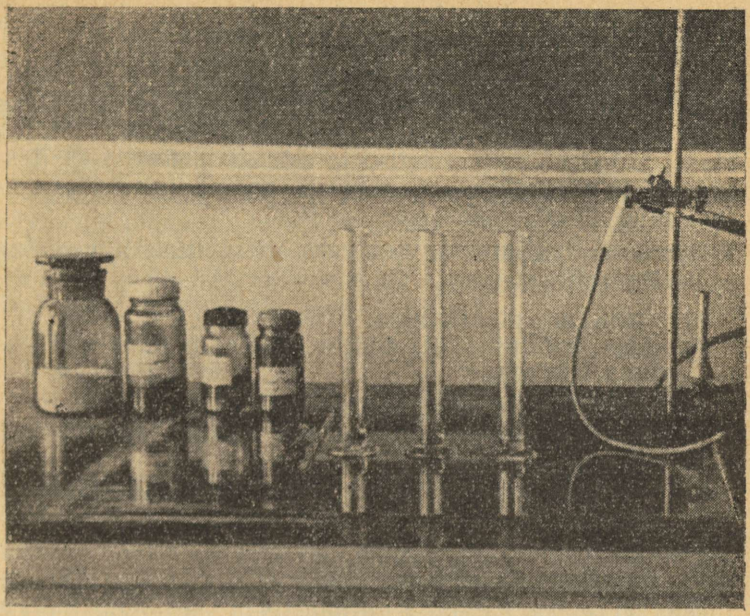
Õpetaja poolt korraldatud katsete kohta esitatavate nõudmiste hulgas on esikohal ohutuse nõue. Õpetaja vastutab täielikult katsete ohutu läbiviimise eest. Õnnetusi ja ootamatusi saab vältida ainult hoolika ettevalmistusega ja kõigi ohutustehnika nõuete täitmisega.

Oluline on ka katse demonstreerimise kultuur. Puhtad, läbipaistvad, sobiva suurusega seadmed, reaktiivide küllaldased kogused, nägusasti painutatud torud, terved ja hästi puuritud korgid on vajalikud mitte ainult esteetilise kasvatuse huvides, vaid eelkõige katse õnnestumise ja hea nähtavuse tagamiseks.

Katse peab olema nähtav kõigile õpilastele. Katseklaasi asemel tuleb ka lihtsa vahetusreaktsiooni läbiviimiseks võtta kolb või keeduklaas, lakmuspaberi suurus peaks olema vähemalt 2 × 15 cm jne.

Õpetaja peab oskama luua katse jälgimiseks eeldused ka õpilaste teadvuses. Kõigepealt tuleb selgeks teha katse eesmärk ja anda juhtnööre selle kohta, mida katse vältel peab jälgima. Enne katse sooritamist selgitatakse katseseadme ehitust. Seda tuleks alustada kindlasti seadeldise kõige tähtsamast osast. Kavatseb õpetaja näiteks demonstreerida vaskoksiidi taandamist vesiniku abil, siis ta tutvustab kõigepealt toru, milles on vaskoksiid, ja alles seejärel juhib tähelepanu Kippi aparaadile ja seadme teistele osadele. Mõnikord pole mõne abiseadme kohta üldse tarvis sisulisi seletusi anda.

Tuleb taotleda, et katseseadmed oleksid võimalikult liht-



Joon. 8. Demonstratsioonikatseks valmis pandud katsevahendid.

sad ega hajutaks liigsete detailidega õpilaste tähelepanu. Samal otstarbel on vajalik, et kõik liigne, mis ei puutu otseselt demonstreeritavasse katsesse, oleks laualt kõrvaldatud. Mingil juhul ei tohi kõrvalisi ega ka vajalikke asju olla katseseadme ees või taga. Kui mõnede esemete (näit. kemikaalipurkide) laual olek on vajalik, tuleb nad asetada seadme kõrvale.

Kõik katseks vajalik peab olema juba tunni alguseks käepärases kohas. Õpetajal võib katseriistade jaoks olla demonstratsioonilaua taga väike madal lauake või riiul, katseriistad võivad olla paigutatud demonstratsioonilaua laekasse. Keerulisemad ja suuremad seadmed ning aparaadid seisavad aga töökorras demonstratsioonilaual või tõmbekapis. Õpetaja püüab paigutada demonstratsioonikatseks vajalikud esemed nii, et nad tunni algul, kui katsete demonstreerimisega veel ei tegelda, liigselt õpilaste tähelepanu ei kõida. Alati peab käepärast olema vajalikke katsevahendeid (kolvid, keeduklaasid, teine piirituslamp

jne.) ning aparaatide detaile (torud, kummivooliku tükid, korgid), et vältida ootamatusi.

Ka demonstratsioonikatsete ajal on vaja tööle rakendada õpilastest abilised. Õpetajale on see kergenduseks küllaltki pingutavas töös, kus üheaegselt tuleb jälgida klassi ja katset, anda seletusi ja esitada küsimusi. Õpilastele on ta täiendavaks kogemuste omandamise võimaluseks ning tõstab nende enesekindlust.

Demonstratsioonikatse sobivaks ülesehituseks peetakse üldiselt järgnevat:

1) probleemi püstitamine,
2) katse jaotamine etappideks, mille mõistmine oleks õpilastele lihtne,
3) tutvumine katse aparatuuriga,
4) katse demonstratsioon ja katseseadme joonistamine,
5) tulemuste arutelu,
6) järelduse formuleerimine ning kirjutamine töövihikutesse.

Õpetaja võib eksperimendi üles ehitada kahel erineval viisil: 1) et katse on lihtsalt illustratsiooniks õpetaja seletusele, 2) et ta kannaks uurimuslikku iseloomu, pakuks õpilastele avastamise rõõmu.

Esimese viisi kirjeldamiseks toome «purskkaevu» katse gaaside hea lahustuvuse kohta.

1. Probleemi püstitamine.

Meenutatakse, et seni tundma õpitud gaasid (hapnik, vesinik) lahustuvad vees halvasti; neid on ju võimalik koguda läbi vee. Õpetaja nimetab gaase, mis vees hästi lahustuvad.

2. Katse jaotamine etappideks.

Vestluses saab selgeks, et enne on vaja valmistada üht vees hästi lahustuvat gaasi, siis saab järele proovida, kuidas ta vees lahustub.

3. Aparatuuri tutvustamine.

Alustatakse peamisest, s. o. «purskkaevust». Õpetaja seletab: «Sellesse kolbi kogume gaasi, mille nimi on ammoniaak. Ühendame ammoniaagiga täidetud kolvi vett sisaldava kolviga. Juhime mõned tilgad vett ülemisse kolbi. Enamik kolvis olnud ammoniaagist lahustub neis

paaris veetilgas ja kolvis tekib alarõhk. Mis peaks nüüd toimuma? Näeme varsti.»

Seejärel näitab õpetaja abiseadmeid, mille abil valmistatakse ammoniaaki.

4. Demonstratsioon.

Et ammoniaagi kogumine võtab paar minutit aega, võib õpetaja lubada õpilastel senikaua alustada katseseadme joonistamist töövihikuisse. Kui vajalik kogus ammoniaaki on olemas, ühendatakse gaasiga täidetud kolb veekolviga, õpilased jälgivad toimuvat.

5. Tulemuste arutlus toimub õpetaja poolt püstitatud küsimuste alusel.

6. Järeldused esitatakse õpilaste poolt, õpetaja korrigeerib neid. Tehakse sissekanded vihikutesse. Lõpetatakse joonis.

Mitmed metoodikud (näiteks C. Fowles, G. Wendt) peavad demonstratsioonikatsete sooritamisel õigemaks teist teed. Katse ei tohi olla ainult lektori poolt mõeldud demonstratsioon, see räägiks vastu katse mõttele. Iga demonstratsioonikatse peab olema uurimus, loodusele esitatud küsimus, pakkuma vaatajale ainet mõtlemiseks.

Tutvustame sellist katseliiki hapete aktiivsuse võrdlemiseks korraldatava katse varal.

1. Õpetaja püstitab probleemi: «Mis te arvate, kas kõik happed reageerivad metallidega ühesuguse aktiivsusega?»

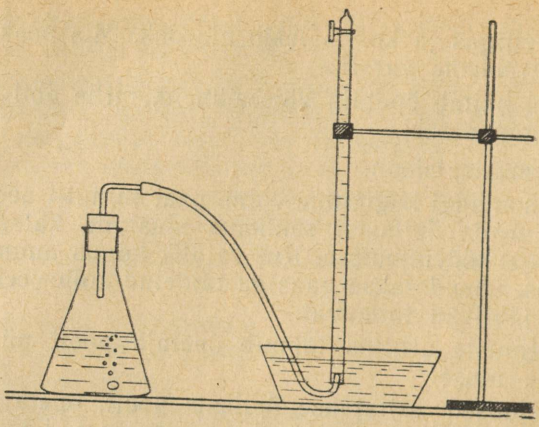
2. Ühises vestluses leitakse, et probleemi lahendamiseks on vaja sooritada 3—4 katset, kus lastakse reageerida üht ja sama metalli erinevate hapete lahustega.

3. Õpetaja selgitab lühidalt ühe lauale paigutatud katseseadme ehitust (joon. 9). Seadmed nummerdatakse või tähistatakse mingil muul viisil, et õpilastel püsiks hästi meeles, millises neist oli väävelhape, millises äädikhape jne.

4. Nüüd asetatakse igas seadmes happesse tsingitükikesi ja jälgitakse katset.

5. Tulemuste arutamine ja järelduste tegemine langevad siin õieti kokku, sest vastatakse ju katse algul esitatud küsimustele.

Hea demonstratsioonikatse pole mitte ainult ilus ja efektne vaatemäng, vaid õppetöö lahutamatu osa. Selleks



Joon. 9. Katseseade hapete aktiivsuse võrdlemiseks.

et hinnata läbiviidud katse osa, tuleb kõigepealt vaadelda, kuidas oli ta seotud teiste samas tunnis kasutatud meetoditega, kas ta võimaldas õpilastel iseseisvalt mõelda.

C. PRAKTILISED MEETODID.

1. ÕPILASTE POOLT TEHTAV EKSPERIMENT.

«Ükski teadus ei vaja eksperimenti sel määral nagu keemia. Kõik tema seadused, teooriad ja järeldused tuginevad faktidele.» (M. Faraday.) Ka keemia õpetamisel pole ükski meetod nii vajalik kui eksperiment.

Kõige paremini võivad konkreetsed kujutlused keemias õpitavatest ainetest ja nende omadustest tekkida õpilaste poolt tehtava vaatluse ja eksperimendi abil. Õpilaste poolt sooritatav eksperiment ei ole ainult illustratsiooniks õpikust õpitavale materjalile, vaid ta peab olema põhiliseks õppemeetodiks. Eksperiment võimaldab vabaneda formalismist keemia õppimisel, sest õpilane õpib sealjuures tundma aineid ja nende omadusi vahetult, otsese kaemuse abil. Ühtlasi harjub õpilane iseseisvalt vaatlema, uurima ja järeldusi tegema ning saab suurel hulgal iseseisva töö

kogemusi. Eksperiment võimaldab paremini võrrelda aineid, aitab mõista ainetevahelist seost ja kujundada dialektilis-materialistlikku maailmavaadet.

Õpilaste poolt tehtavad eksperimendid võib jaotada kahte liiki: laboratoorsed katsed ja kokkuvõtlikud laboratoorsed tööd. Laboratoorsete katsete all mõistame õpilaste poolt tehtavat vaatlust ja eksperimenti uue aine käsitlemise käigus. See meetod on eriti soovitatav nooremates klassides, kuna seal hakkavad õpilastes alles kujunema praktilised oskused, mis on vajalikud enam iseseisvaks kokkuvõtlikuks laboratoorseks tööks. Kokkuvõtlik laboratoorne töö toimub eri liiki tunnina, kus teostub varasemate teadmiste kinnistamine, üldistuste ja järelduste tegemine. Laboratoorsetel katsetel ja kokkuvõtlikel laboratoorsetel töödel on palju ühist: mõlemal juhul teevad õpilased iseseisvalt vaatlusi ja katsetusi, mõlemal juhul omandavad nad iseseisva töö harjumusi ja kogemusi.

Laboratoorsed katsed.

Uue aine õppimise käigus läbiviidavatel laboratoorsetel katsetel on terve rida eeliseid. Nendest olulisemad:

a) laboratoorsete katsete käigus kujunevad õpilastel õpitavast ainest märksa kindlamad ja püsivamad teadmised, kuna vaadeldud ainetega toimunud muutused kulgevad õpilaste vahetus läheduses;

b) laboratoorsed katsed õpetavad õpilasi iseseisvalt vaatlema, katsetama ja järeldusi tegema;

c) laboratoorsed katsed on teostatavad ka siis, kui õpilastel puuduvad veel küllaldased praktilise töö kogemused;

d) laboratoorsed katsed aitavad äratada huvi keemia vastu.

Kõigil neil põhjustel tuleks 8-klassilises koolis keemilise eksperimendi põhivormina soovitada laboratoorseid katseid.

Laboratoorsete katsete juurde asumisel alustab õpetaja sissejuhatava vestlusega — püstitab tunni eesmärgi ja ülesande ning ka töö käigu üldpõhimõtted, näiteks: valmistada ja koguda teatav aine ning tutvuda tema täht-

samate omadustega. Sellele peaks järgnema töö juhendamine. Õpetaja võib juhendada kolmel erineval viisil:

a) suulise selgituse abil,

b) õpiku alusel,

c) varem väljatöötatud kirjalike tööjuhendite põhjal.

Kõige enam kasutatakse esimest viisi, kuna see võimaldab anda juhendeid nii osade kaupa kui ka terve töö jaoks korraga, vastavalt töö iseloomule. Laboratoorsete katsete jaoks antavad juhendid ei tohi sisaldada liigseid selgitusi ja järeldusi, kuna see välistab võimaluse iseseisvate järelduste tegemiseks. Õpiku materjali kasutamine tööjuhendina on raskendatud sellepärast, et õpikus on tavaliselt märgitud ka kõik tulemused ning järeldused.

Õpilaste poolt tehtavate esimeste laboratoorsete katsete juures näitab õpetaja, kuidas ühte või teist eksperimenti sooritada, ühtlasi kõike selgitades ja põhjendades, ning nõuab õpilastelt demonstreeritud katse kordamist. Hiljem piirdub õpetaja vaid üksikute raskemate katseetappide või võtete selgitamise ja vajaduse korral ka demonstreerimisega.

Laboratoorsed katsed õigustavad end täiel määral, kui eksperimendi sooritab iga õpilane või äärmisel juhul kaks ühes pingis istuvat õpilast koos. Enam kui kahe õpilase poolt rühmiti teostatava laboratoorse töö väärtus on väga väike. Eranditult igal õpilasel on võimalik teha laboratoorseid katseid vaid sel juhul, kui vahendid on iga õpilaslaua jaoks, s. o. 20—40 komplekti klassi kohta. Selleks et õpetaja saaks võimalikult väikese ajakuluga kõigis ainete saamise ja omadustega seotud tundides lasta õpilastel katsetada, on vajalik, et tähtsamad ained ja nende lahused oleksid korralikult etiketeeritult väikestes pudelites jaotamiseks igale õpilaslauale.

Laboratoorsetel katsetel peab õpetaja jälgima iga õpilase tööd, kasutatud töövõtete õigsust, puhtust ja korda tunnis. Neis tundides on oht distsipliini langemiseks, kuna õpilased, eriti 2—3-kaupa rühmades töötades, hakkavad liigse aktiivsusega muljeid vahetama. Kui õpilased sooritavad laboratoorseid katseid mitmekesi, tekib neil paratamatult vajadus töö käigus mõtteid vahetada. Seda ei tohiks takistada. Küll aga aitab tunnis vajalikku korda hoida, kui õpetaja lubab katsete ajal vajaduse korral rääkida ainult sosinal.

Juhul kui õpetaja märkab vigu õpilaste töös, suunab ja

abistab ta neid individuaalselt. Samade vigade kordumise korral katkestab ta kõikide õpilaste töö ja selgitab vigu kogu klassile.

Keerukamate laboratoorsete katsete ajal on tarvis märkida saadud tähelepanekud töövihikutesse. Katsete kirjeldused võivad olla vabas vormis; kindlasti on aga vaja märkida teema, kuupäev, joonised, töö põhietapid, nähtu lühike kirjeldus ja selgitus, reaktsiooni võrrandid ja järeldused. Tähelepanekute, reaktsiooni võrrandite jm. märkimine toimugu algul (7. klassi esimesel poolaastal) õpetaja etteütlemise järgi, hiljem aga iseseisvalt. Ühtlasi tuleb soovitavaks pidada, et õpilane vahetult iga laboratoorse katse järel märgiks oma tähelepanekud vihikusse, seega sooritaks ta töö osade kaupa.

Laboratoorsete katsetega tunnis kasutab õpetaja üksteisele järgnevalt mitmesuguseid õpetamismeetodeid: jutustust, vestlust, demonstratsioonikatseid, vaatlust, tööd õpikuga, tööjuhenditega, lisakirjandusega jne. Sellele vaatamata on nimetatud tunnil ka mõningaid puudusi:

1) laboratoorsete katsetega tunnis peavad õpilased toime tulema kahe küllaltki keerulise ülesandega: omandama teoreetilise materjali ja keemilise eksperimendi tehnika; nagu näitavad kogemused, ei tule õpilased eriti teise ülesandega rahuldavalt toime; 2) laboratoorseid katseid teevad õpilased sageli mehaaniliselt, katsete lahtimõtestamine toimub alles järgneva analüüsi käigus; 3) teoreetilisi järeldusi laboratoorsetest katsetest ei tee sageli õpilased ise, vaid õpetaja; 4) laboratoorseid katseid tehakse üldreeglina frontaalselt, kuid õpilaste töötamiskiirus on erinev ja kõik ei suuda üheaegselt tööd lõpetada; 5) õpilased on mõnikord väga vaimustatud katse välisest efektist, osutades vähem tähelepanu selle sisulisele mõistmisele.

Märgitud puudustele vaatamata tuleb laboratoorseid katseid lugeda üheks parimaks uue aine õppimise meetodiks keemias.

Järgnevalt toome mõned näited laboratoorsete katsete läbiviimise kohta. Esimese näitena kirjeldame tundi teemal «Lagunemisreaktsioon».

Lühikeses vestluses meenutavad õpilased keemilisi nähtusi, mis on neile tuntud ja tuletavad meelde mõiste *keemiline reaktsioon*. Seejärel demonstreerib õpetaja elavhõbeoksiidi lagunemist, näidates ja selgitades varem



Joon. 10. Keedusoola puhastamiseks valmis seatud katseriistad.

demonstratsioonilauale paigutatud katseseadet (joonis 11). Õpilased näevad, et punakas pulber pidevalt tumeneb, et katseklaasis tekivad elavhõbedatilgakesed ja et veega täidetud katseklaasi koguneb gaas, milles süttib hõõguv pird.

Pärast arutelu jõuavad õpilased järeldusele, et elavhõbeoksiid laguneb kuumutamisel ja moodustub kaks uut ainet: elavhõbe ning hapnik.

Seejärel saavad õpilased korralduse ise sooritada katse: võtta katseklaasi vask(II)hüdroksiidkarbonaati, kuumu-

tada, vaadelda ja selgitada, mis sealjuures toimub. Loomulikult on kõik tööks vajalik juba varem laudadel. Õpetaja annab esimese ülesande — vaadelda tähelepanelikult rohelist vask(II)hüdroksiidkarbonaadi pulbrit ja puistata see katseklaasi. Järgnevalt tuleb sulgeda katseklaas ettevaatlikult gaasijuhtetoruga varustatud korgiga, kontrollida katseseadme hermeetilisust ja kinnitada katseseade metallstatiivi külge nii, et piirituslambi leek soojendaks katseklaasi maksimaalselt. Kõiki neid võtteid demonstreerib õpetaja klassi ees, kuna õpilased sooritavad ju alles ühte esimest laboratoorsetest katsetest.

Õpilased koostavad katseseadme. Iga katseseadme juures töötab 1—2 õpilast. Samal ajal jälgib õpetaja neid tähelepanelikult, parandades vajaduse korral vigu.

Pärast katseseadme koostamist saavad õpilased teise ülesande: kuumutada katseklaasi vask(II)hüdroksiidkarbonaadiga. Ühtlasi näitab õpetaja veel kord, kuidas seda teha ja annab korralduse jälgida tähelepanelikult katseklaasi sisemust ning katseklaasi, kuhu on paigutatud gaasijuhtetoru ots. Õpilased täidavad saadud ülesande: näevad vask(II)hüdroksiidkarbonaadi värvuse muutumist, katseklaasi seintele kondenseerunud vett ja lubjavee hägustumist eralduva süsihappegaasi mõjul.

Tehtud tööd arutledes tullakse järeldusele, et kuumutamisel roheline vask(II)hüdroksiidkarbonaat laguneb, kuna moodustub kolm uut ainet — vask(II)oksiid, vesi ja süsihappegaas. Saadud järeldus lastakse märkida töövihikutesse, kuhu joonistatakse ka katseseadme skeem. Ühtlasi tehakse vaadeldud katsete põhjal järeldus selle kohta, mis on lagunemisreaktsioon.

Teise näitena kirjeldame tundi teemal «Hödroksiidid, nende tähtsamad omadused», mida võiks läbi viia laboratoorsete katsete abil, kasutades sealjuures ka vestlust ja õpilaste iseseisvat tööd õpikuga.

Tund algab vestlusega, et tuletada meelde, missugustest hüdroksiididest oli juttu eelmisel õppeaastal. Ühtlasi meenutatakse naatrium-, kaltsium- ja raud(III)hüdroksiidi valemeid ning kirjutatakse need tahvlile. Seejärel võib selgitada aluse molekuli ehitust järgmiste küsimuste varal.

1. *Missuguse elemendi sümbol on aluse molekulivalemis esikohal?*
2. *Mitu metalli aatomit on aluse molekulis?*

3. *Missugune rühm sisaldub aluse molekulis metalli aatomi kõrval?*
4. *Kuidas nimetatakse OH-rühma?*
5. *Mitu hüdroksiidrühma on eespool nimetatud aluste molekulides?*
6. *Kuidas saab määrata hüdroksiidrühmade arvu aluse molekulis?*

Seejärel lastakse õpilastel teha kokkuvõte, et aluse molekul koosneb ühest metalli aatomist ja ühest või mitmest hüdroksiidrühmast, kusjuures hüdroksiidrühmade arv võrdub metalli valentsiga. Ühtlasi kirjutatakse välja aluste üldvalem. Frontaalse vestluse abil tuletatakse meelde ka tähtsamate metallide valentsid nende ühendites ja koostatakse selle põhjal tsingi, magneesiumi, kaaliumi, vase, alumiiniumi, hõbeda jt. aluste valemid.

Pärast seda, kui on kirjutatud tahvlile alapealkiri «Füüsikalised omadused», antakse korraldus vaadelda igale lauale paigutatud hüdroksiide (naatriumhüdroksiid, kaaliumhüdroksiid, kaltsiumhüdroksiid, baariumhüdroksiid, vask(II)hüdroksiid, raud(III)hüdroksiid jt.) ning märkida töövihikutesse vaatluse tulemused.

Aluste nimetuste kordamiseks annab õpetaja korralduse lugeda õpikust vastav lõik ja tuletada selle alusel meelde eelmisel aastal õpitut. Pärast paar minutit kestnud iseseisvat tööd tehakse järeldused: millal märgitakse metalli valents aluse nimetuses, millal mitte. Ühtlasi tuletatakse meelde, kuidas loetakse neid nimetusi (näit. raudkolm-hüdroksiid).

Hüdroksiidide lahustuvuse juurde asudes teeb õpetaja korralduse võtta katseklaasidesse vähesel hulgal kõiki laudadele väljapandud hüdroksiide, lisada neile 3—4-kordselt vett, loksutada, jälgida toimuvat ning märkida tähelepanekud töövihikutesse. Kui õpilased on täitnud ülesande, arutletakse, missugused alused lahustuvad hästi, missugused vähesel määral ning missugused on praktiliselt lahustumatud. Ühtlasi meenutatakse, kuidas nimetatakse lahustuvaid aluseid.

Siis kontrollitakse eelmisel katsel saadud aluste lahuseid ja aluste ning vee segusid lakmuspaberi ja fenoolftaleiini lahusega ning märgitakse järeldused.

Katseks kasutatud raud(III)hüdroksiid ja vask(II)-hüdroksiid olgu varem hästi pestud, et neid vabastada valmistamisel lisatud leelistest.

Lõpuks lisatakse veele ja leelise lahusele ka nõrga kontsentratsiooniga metüüloranži lahust ning võrreldakse värvusi. Seejärel otsustavad õpilased, kas leelist saab tõestada metüüloranži lahusega. Kirjeldatud tunnis võiks vaadeldud teema märkida tahvlile järgmiselt.

1. Koostis.
2. Füüsikalised omadused.
3. Nimetused.
4. Lahustuvus.
5. Toime indikaatoritesse.

Kolmandaks vaatleme tundi teemal «Raua omadused».

I. Füüsikalised omadused.
II. Keemilised omadused.
1. Aktiivsus.
2. Reageerimine lihtainetega:
a) hapnikuga,
b) väävliga,
c) klooriga.
3. Reageerimine liitainetega:
a) veega,
b) hapete vesilahustega,
c) sooladega.

Pärast tunni eesmärgi selgitamist ja alapealkirja «Füüsikalised omadused» märkimist tuletatakse meelde, missuguseid rauast esemeid õpilased teavad. Seejärel vaatlevad õpilased laudadele paigutatud esemeid, mis koosnevad peaaegu puhtast rauast (raudnaelad, raudplekk jne.) ning peent rauapulbrit. Lauale paigutatud esemeid mõjutatakse magnetpulgaga ning lubatakse kontrollida raudnaela plastilisust. Vaatluse tulemused märgitakse töövihikutesse. Lõpuks tehakse kindlaks raua erikaal ja sulamistemperatuur.

Raua keemilisi omadusi käsitlema asudes tuletatakse meelde metallide aktiivsuse rea tähtsamad elemendid ning leitakse, et raud paikneb üsna rea keskel. Sellest tehakse järeldus raua aktiivsuse kohta.

Seejärel arutletakse vestluse teel, kuidas säilib raudese kuivas õhus ja mis toimub temaga seismisel niiskes kohas. Siis lastakse õpilastel puistata piirituslambi leeki peent rauapulbrit ning märkida vaatluse tulemused. Ühtlasi meenutatakse 7. klassi kursusest katset terastraadi põlemise kohta hapnikus ning leitakse ühiselt, et saaduseks on mõlemal juhul raud(II, III)oksiid, s. o. sama aine,

mida leidub looduses magnetrauamaagina. Tahvlile kirjutatakse toimunud keemilise reaktsiooni võrrand ning arutletakse, missugune on raua valents saadud ühendis.

Pärast reaktsiooni võrrandi märkimist lastakse õpilastel segada varem kaalutud kogused pulbrilist rauda ja väävlit ning kuumutada saadud segu. Katse lõppemisel märgivad õpilased vaatluse tulemused ja toimunud reaktsiooni võrrandi oma vihikutesse.

Katse klooriga demonstreerib õpetaja. Õpilased kirjutavad reaktsiooni võrrandi.

Raua ja liitainete vahelistest reaktsioonidest käsitletakse esimesena vee toimet rauale. Vestluses jõutakse järeldusele, et raud ei reageeri veega ei tavalistel tingimustel ega ka kergel kuumutamisel (raud- või malmpajas on võimalik vett keeta). Seejärel selgitab õpetaja, et raud reageerib veeauruga vaid väga kõrgel temperatuuril (raud peab olema hõõguvpunane), kusjuures saadusena tekib samuti raud(II, III)oksiid. Ühiselt koostatakse reaktsiooni võrrand.

Kui raua reageerimist veega ei olnud õpilastele võimalik demonstreerida, siis katse raua reageerimise kohta lahjendatud sool- ja väävelhappega teevad õpilased ise. Toimunud reaktsioonide võrrandid märgitakse tahvlile ning õpilased kirjutavad kõik täheldatu oma vihikutesse.

Viimasena lastakse õpilastel teha katse raua reageerimise kohta vasksulfaadi lahusega. Et reaktsioon toimuks kiiremini, võiks raudnaela enne puhastada happes. Ka seejärel märgitakse vihikusse vaatluse tulemused ja reaktsiooni võrrand.

On väga oluline, et õpilased teeksid oma ülestähendused kohe pärast vastava katse või vaatluse lõppemist. See võimaldab paremini aru saada vaadeldavast, seda teadlikumalt omandada. Ühtlasi on kõik õpilased oma tööga alati võrdsel kaugusel. Kui aga õpetaja laseb õpilastel sooritada järjest kõik katsed ning alles tunni lõpul tehakse järeldused, kannatab tunnidistsipliin ja õpilaste tähelepanu hajub.

Kokkuvõtlikud laboratoorsed tööd.

Kuigi 8-klassilise kooli õpilastel on veel üsna vähe kogemusi keemilise eksperimendi iseseisvaks sooritamiseks, tuleb läbi viia mõningaid katseid ka kokkuvõtlike

laboratoorsete töödena, mille eduka sooritamise esimeseks eeltingimuseks on põhjalik ettevalmistus nii õpetaja kui ka õpilaste poolt.

Kokkuvõtliku laboratoorse töö ettevalmistus algab eelmisel tunnil, mil õpetaja selgitab õpilastele eelseisva töö üldpõhimõtteid. Mida madalam on õpilaste ettevalmistustase, seda põhjalikum olgu sealjuures õpetaja seletus. Õpetaja selgitab üksikasjalikult, mida õpilastel tuleb õpikust või tööjuhendist läbi lugeda, korrata ja selgeks õppida. Ühtlasi tehakse korraldus: koostada katsete läbiviimise plaan.

Kokkuvõtliku laboratoorse töö jaoks vajalikud vahendid asetab õpetaja poolt esitatud nimekirja alusel õpilaslaudadele laborant või selleks määratud õpilane. Vahetult enne tunni algust peab aga õpetaja kindlasti kontrollima, kas kõik vajalik on kohal. Selleks et õpetaja saaks paremini juhendada kogu klassi laboratoorse töö ajal, võiksid teda abistada paremad õpilased, kellel lastakse enne kõik katsed läbi teha.

Laboratoorse töö tund algab õpilaste ettevalmistuse kontrollimisega. Õpetaja vaatab valikuliselt õpilaste poolt koostatud plaane, küsitleb frontaalselt koduseks tööks antud materjali ja palub mõnel õpilasel rääkida peatselt alustatava töö käigust. Samas saab õpetaja vastata küsimustele, mis on õpilastel kerkinud koduse ettevalmistuse käigus, ja selgitada vajaduse korral üksikuid töövõtteid. Seejärel asuvad õpilased tööle, juhindudes vaid õpikus olevast või õpetaja poolt antud kirjalikust tööjuhendist. On äärmiselt vajalik, et õpilased töötaksid võimalikult individuaalselt — äärmisel juhul kahekesi sama katseseadme juures. Sealjuures ei tee õpilased ainult katseid, vaid lahendavad ka juhendis antud eksperimentaalseid ülesandeid.

Laboratoorse töö ajal jälgib õpetaja nii kogu klassi tervikuna kui ka üksikuid õpilasi, vajaduse korral neid abistades. 8-klassilises koolis tuleb laboratoorne töö mõnikord jagada etappidesse, kusjuures iga etapi järel arutatakse läbi katsete tulemused ja tehakse järeldused.

Tähelepanekud ja arvutused märgitakse vihikutesse. Vahetult tunni käigus saadud muljete ja vihikute kontrollimise alusel peaks õpetaja hindama iga õpilase tööd, arvestades ühtlasi töökultuuri, töövahendite korrastamist

TRÜ Raamatukogu

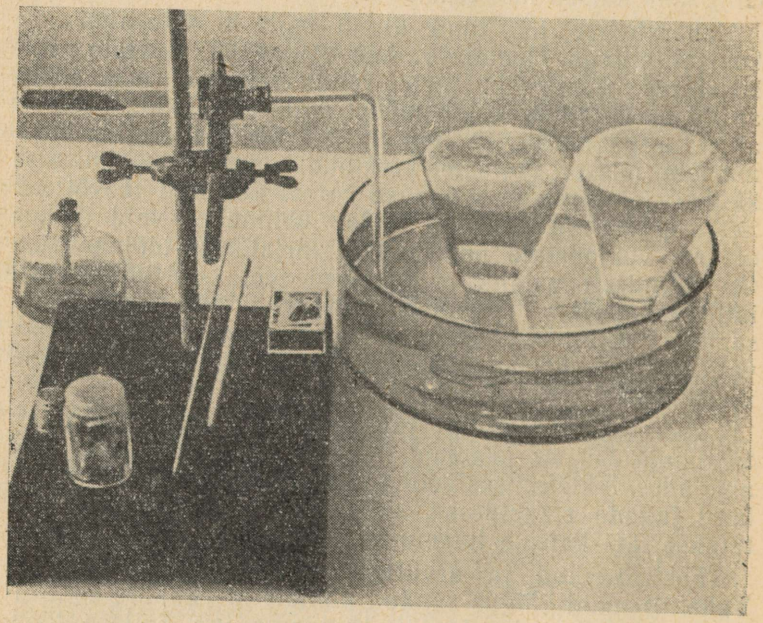
jms. Kuigi õpilased teevad sissekanded vihikuisse vabas vormis, on oluline, et nad oskaksid välja tuua peamise ja kirjutaksid kindlasti järeldused. Kindlasti tuleb nõuda ka töö varustamist joonistega.

Alljärgnevalt toome ühe kokkuvõtliku laboratoorse töö kirjelduse.

Laboratoorne töö nr. 3. Hapniku saamine ja omadused.

Katse 1. Hapniku saamine.

Koostasin katseseadme. Kuumutasin katseklaasis olevat kaaliumpermanganaati. Kontrollisin eralduva gaasi omadusi hõõguva pirruga. Pird süttis purgi põhjas, kuhu kogusime hapnikku, sest hapnik oli õhu välja tõrjunud. Hapnik on õhust raskem.



Joon. 11. Katseseade hapniku saamiseks.

Katse 2. Söe põlemine hapnikus.

Hõõguv süsi põles hapnikuga täidetud purgis leegita. Tekkis süsihappegaas: $C + O_2 = CO_2$. Anumasse valatud lubjavesi muutus häguseks.

Katse 3. Väävli põlemine hapnikus.

Väävel põles heleda sinise leegiga, tekkis terava lõhnaga vääveldioksiid:

$$S + O_2 = SO_2$$

Katse 4. Raua põlemine hapnikus.

Terassulg põles sädemeid eraldades. Tekkis rauatagi:

$$3Fe + 2O_2 = Fe_3O_4$$

Järeldused.

1. Hapniku füüsikalised omadused: värvuseta, lõhnata, õhust raskem gaas.
2. Hapniku keemilised omadused: ained põlevad hapnikus kiiremini kui õhus.
3. Põlemisel lihtained ühinevad hapnikuga, toimub oksüdeerumine; saadud aineid nimetame oksiidideks.

2. HARJUTUSED.

8-klassilise kooli keemia kursuses on küllaltki oluline koht nn. mittearvutuslikel ülesannetel ehk harjutustel. Viimati märgitute hulka kuuluvad eelkõige valentsi määramine valemi põhjal, tähtsamate valemite koostamine valentsi järgi ja keemiliste reaktsioonide võrrandite koostamine. Nimetatud ülesannete lahendamisest sõltub sageli see, kuivõrd õpilased üldse hakkavad aru saama keemiast ja keemilisest sümboolikast. Kui õpilastele 7. klassis ei ole selgeks tehtud keemiliste valemite koostamist valentsi põhjal ja 8. klassi esimesel poolaastal keemiliste reaktsioonide võrrandite koostamist, muutub keemia edasisel õppimisel hiina keeleks, mille kirja õpitakse hierogliüfide tähendust tundmata. Seepärast peab 7. klassi teisel poolaastal ja 8. klassi esimesel poolel eranditult igas tunnis

leidma aega keemiliste valemite ja reaktsiooni võrrandite koostamiseks ja seda sagedasti andma ka koduseks tööks. Järgnevalt võtamegi vaatluse alla harjutuste kõige vajalikumad liigid.

Valentsi leidmine valemites.

Pärast seda, kui õpilastele on antud esmane ettekujutus valentsist kui aatomi omadusest siduda endaga teatud kindel arv teise elemendi aatomeid ning selgeks tehtud, et vesiniku aatomite arvu põhjal on kõige lihtsam leida temaga ühendis olevate elementide valentsi, võiks lasta õpilastel leida elementide valentsid järgmistes ühendites: HI, PH_3, H_2S, SiH_4, HBr.

Seejärel tuleks selgitada õpilastele, et mistahes elemendi valentsi on lihtsama ühendi keemilise valemi järgi võimalik määrata, kui on teada keemilises valemis märgitud ühe elemendi valents. Selleks on tarvis meeles pidada, et ühe elemendi aatomite arvu ja valentsi korrutis peab võrduma teise elemendi aatomite arvu ja valentsi korrutisega. Teades, et hapniku valents on kaks, leiame näiteks alumiiniumi valentsi alumiiniumoksiidis. Kuna hapniku aatomite arvu (3) ja valentsi (2) korrutis on 6, peab ka alumiiniumi aatomite arvu ja valentsi korrutis olema 6. Seega alumiiniumi valents on kolm, sest alumiiniumoksiidi molekulis on kaks alumiiniumi aatomit ($6 : 2 = 3$). Sellise õpetajapoolse seletuse järel tuleks lasta õpilastel määrata tahvli juures elementide valentsi mitmesugustes ühendites, näiteks K_2O, MgO, CO_2, P_2O_5, SO_3, Mn_2O_7 jne. Taolisi harjutusi tuleks anda õpilastele iseseisvaks tööks tunnis ja kodus.

Valemite koostamine valentsi põhjal.

Valentsi käsitlemise lõpul oleks vaja ühe tunni vältel võtta vaatluse alla valemite koostamine valentsi põhjal. Õpilased teavad eelmise tunni materjali põhjal selleks ajaks juba mõnede tähtsamate elementide valentsi.

Valentsi järgi valemite koostamiseks võiks anda järgmised harjutused.

1. Koostada valentsi põhjal raua ja hapniku ühendite valemid.

2. Koostada vase ja hapniku ühendite valemid vastavalt teile teadaolevatele valentsidele.

3. *Koostada kõik võimalikud hapniku ja kloori ühendite valemid, kui kloori valentsid on 1, 2, 3, 5, 7.*

4. *Koostada kõik võimalikud mangaani ja hapniku ühendite valemid, kui mangaani valentsid on 2, 3, 4, 6, 7.*

5. *Koostada kõik võimalikud mangaani ja kloori ühendite valemid, kui kloori valents on 1.*

6. *Koostada kõik võimalikud kaaliumi ja väävli, kaltsiumi ja väävli, alumiiniumi ja väävli, raua ja väävli ühendite valemid, kui väävli valents on 2.*

Taolisi ülesandeid võiks anda hulgaliselt valentsi käsitlemise lõpul ja ka oksiidide õppimise algul.

Keemiliste reaktsioonide võrrandite koostamine.

Keemilistest nähtustest suudavad õpilased õigesti aru saada vaid siis, kui nad on korrektselt omandanud reaktsiooni võrrandite koostamise oskuse. Seepärast tuleks lasta õpilastel koostada eelkõige need keemiliste reaktsioonide võrrandid, mis on antud õpiku kordamisküsimustes. Lisaks nendele võiks lasta veel koostada reaktsioonide võrrandeid, milledes esinevad võimalikult erinevate valentsidega aatomirühmitused. Pole otstarbekohane kulutada aega näiteks sellistele võrranditele:

$$KOH + HCl = KCl + H_2O$$
$$Ca(OH)_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2H_2O$$
$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O$$

Näiteis esitatud reaktsiooni võrrandeid kirjutab õpilane õigesti sageli ka juhuslikult, vajalikke oskusi omandamata.

Võiks soovitada järgmisi harjutusi keemiliste reaktsioonide võrrandite koostamiseks:

$$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$$
$$Fe_2O_3 + 6HCl = 2FeCl_3 + 3H_2O$$
$$3MgO + 2H_3PO_4 = Mg_3(PO_4)_2 + 3H_2O$$
$$3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4 = Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6H_2O$$
$$2Fe(NO_3)_3 + 3H_2SO_4 = Fe_2(SO_4)_3 + 6HNO_3$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 6KOH = 3K_2SO_4 + 2Al(OH)_3$$
$$3BaCl_2 + Al_2(SO_4)_3 = 3BaSO_4\downarrow + 2AlCl_3$$
$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$
$$2KOH + SO_3 = K_2SO_4 + H_2O$$

Enamikul juhtudel võiks anda lähteainete keemilised nimetused, näiteks: koostada raud(III)oksiidi ja soolhappe vahelise keemilise reaktsiooni võrrand, koostada kaaliumhüdroksiidi ja vääveltrioksiidi vahelise keemilise reaktsiooni võrrand. Ühtlasi tuleks nõuda, et õpilased kirjutaksid ka saaduste nimetused.

Peale keemiliste reaktsioonide võrrandite koostamise, mille puhul on ette antud keemilisse reaktsiooni astunud ainete valemid või nimetused, tuleks anda õpilastele koostamiseks ka selliseid reaktsiooni võrrandeid, milles on antud kas ainult üks lähteaine või mitmed erinevad ained, milledest õpilased peavad leidma õiged. Kaheksandas klassis võiks sobivateks pidada näiteks selliseid ülesandeid.

1. Kuidas saada kaltsiumsulfaati lähtudes kaltsiumkloriidist? Koostada reaktsiooni võrrand.

2. Kuidas saada kaltsiumnitraati lähtudes kaltsiumkloriidist? Koostada reaktsiooni võrrand.

3. Kuidas saada alumiiniumkloriidi lähtudes alumiiniumsulfaadist? Koostada reaktsiooni võrrand.

4. Kuidas saada raud(II)hüdroksiidi lähtudes raud(II)sulfaadist? Koostada reaktsiooni võrrand.

5. Kuidas saada vask(II)hüdroksiidi lähtudes vaskoksiidist? Koostada reaktsiooni võrrandid.

6. Kuidas saada tsinkhüdroksiidi lähtudes tsingist? Koostada reaktsioonide võrrandid.

7. Kuidas saada metafosforhapet lähtudes fosforist? Koostada reaktsioonide võrrandid.

8. Kuidas saada vask(II)kloriidi lähtudes vasest? Koostada reaktsioonide võrrandid.

Parematele õpilastele võiks anda mõtlemiseks ja lahendamiseks tunduvalt keerukamaid ülesandeid.

1. Kuidas saada naatriumsulfitit, lähtudes naatriumist, väävlist, veest ja õhust? Koostada reaktsioonide võrrandid.

2. Kuidas saada tsinkhüdroksiidi, lähtudes tsingist, veest, naatriumist ja soolhappest? Koostada reaktsioonide võrrandid.

3. Kuidas saada kaaliumfosfaati, lähtudes fosforist, kaaliumist, hapnikust ja veest? Koostada reaktsioonide võrrandid.

4. Kuidas saada vask(II)hüdroksiidi, lähtudes vasest, veest, hapnikust, soolhappest ja kaaliumist?

Enne selliste ülesannete andmist tuleb kindlasti mõned sarnased ülesanded lahendada klassis. Viimati märgitud ülesande lahenduskäik võiks olla järgmine.

Kuna vask reageerib ülesandes esitatud ainetest ainult hapnikuga, siis tuleks kuumutada vaske hapnikus. Tekib vask(II)oksiid:

$$2Cu + O_2 = 2CuO$$

Saadud vask(II)oksiid reageerib soolhappega, sealjuures tekib vask(II)kloriid:

$$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$$

Kuna vees lahustumatuid hüdroksiide saadakse soolade reageerimisel leelistega, on ka antud juhul tarvis saada leelist. Selleks asetatakse kaaliumitükike vette. Toimub tormiline keemiline reaktsioon, mille võrrand on järgmine:

$$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2\uparrow$$

Vask(II)hüdroksiidi saame aga vask(II)kloriidi reageerimisel eelmises reaktsioonis saadud kaaliumhüdroksiidi lahusega:

$$CuCl_2 + 2KOH = Cu(OH)_2\downarrow + 2KCl$$

8-klassilises koolis peab kindlasti nõudma reaktsiooni võrrandis olevates valemites valentside märkimist keemilise elemendi sümboli kohale.

Näiteks:

$$\overset{III\ I}{2Al(OH)_3} + \overset{I\ II}{3H_2SO_4} = \overset{III\ II}{Al_2(SO_4)_3} + 6H_2O$$

Ühtlasi on vaja nõuda, et õpilased reaktsiooni võrrandi koostamisel seda ka suuliselt kommenteeriksid.

Eespool toodud reaktsiooni võrrandi seletus võiks olla järgmine.

Alumiiniumhüdroksiidi reageerimisel väävelhappega tekivad alumiiniumsulfaat ja vesi, sest happe ja aluse vahelise reaktsiooni saadusteks on sool ja vesi. Alumiiniumhüdroksiidi valem on $Al(OH)_3$, kuna alumiinium on kolmevalentne. Väävelhappe valem on H_2SO_4. Selles valemis olev happejääk (SO_4) on kahevalentne, kuna ta seob kaks vesiniku aatomit. Alumiiniumsulfaadi valem on $Al_2(SO_4)_3$, kuna alumiinium on kolmevalentne ja happejääk (SO_4) on kahevalentne. Vee valem on H_2O.

Aine massi jäävuse seaduse põhjal peab reaktsiooni astunud ainete mass võrduma reaktsiooni tulemusena saadud ainete massiga. Meie poolt esialgu saadud võrrandis ei ole see nii. Kuna keemilises reaktsioonis ei toimu ühe elemendi muundumist teiseks, peab nii reaktsiooni võrrandi vasakul kui ka paremal poolel olema võrdne arv sama keemilise elemendi aatomeid. Aatomite arvude võrdsustamiseks peame leidma võrrandisse sobivad koefitsiendid.

Koefitsientide leidmist alustame element alumiiniumist. Alumiiniumi aatomeid on alumiiniumsulfaadi molekulis kaks, alumiiniumhüdroksiidi molekulis aga üks. Seepärast peab alumiiniumhüdroksiidi molekule olema kaks ja tema valemi ette paigutame koefitsiendi 2. Seejärel võrdsustame SO_4-rühmade arvu. Neid on reaktsiooni võrrandis vasakul poolel kolm, seepärast on tarvis kolm väävelhappe molekuli. Märgime väävelhappe molekuli valemi ette koefitsiendi 3.

Pärast metalli aatomite ja happejääkide arvu võrdsustamist tasakaalustame vesiniku aatomite arvu. Neid on kolmes väävelhappe molekulis kuus ja kahes alumiiniumhüdroksiidi molekulis ka kuus, seega vasakul pool võrdusmärki kokku kaksteist aatomit. Kuna vee molekulis on vaid kaks vesiniku aatomit, peab tekkima kuus vee molekuli. Seega märgime vee molekuli ette koefitsiendi 6. Lõpuks kontrollime hapniku aatomite arvu. Neid on nii vasakul kui ka paremal pool võrdusmärki kaheksateist.

3. ÜLESANDED.

Ülesannete lahendamine keemia tundides võimaldab õpitud materjali süvendada ja kinnistada, siduda seda tihedamalt kaasajaga ja kujundab õpilastes iseseisva töö harjumusi. Mõned ülesanded aitavad paremini mõista tootmisprotsesse, nende kulgemist etappide viisi, tootmise planeerimist ja palju muud, mida on tarvis teada üldharidusliku kooli lõpetanul.

Keemia ülesannetel on väga suur tähtsus ka õpilaste maailmavaate kujundamisel. Ülesannete kogud koostatakse pikemaajaliseks tarvitamiseks. Seetõttu ei saa need olla täiesti aktuaalsed ega esitada kõige uuemaid andmeid. Seepärast on soovitatav, et õpetajad ise koostaksid ülesandeid, mis võimaldavad anda teadmisi olevikust ja

kõige lähemast minevikust, koduümbruse tööstusest ja põllumajandusest.

Juba D. Mendelejev oma «Keemia alustes» märkis, et keemiliste nähtuste käigu uurimisel tuleb väga tähtsaks lugeda stöhhiomeetriat. Möödunud saja aasta vältel ei ole keemilised arvutused vähemalgi määral kaotanud oma osatähtsust, nende osa keemia õppimisel on üha suurenenud.

8-klassilise kooli keemia kursuses tuleb lahendada mitmesuguseid ülesandeid, nendest kõige enam lahendame arvutusülesandeid.

8-klassilise kooli keemia kursus ei sisalda eriti palju arvutusülesandeid, nimetatud ülesannete lahenduskäik on võrdlemisi lihtne. Sellele vaatamata eksitakse 8. klassis kõige enam ülesannete lahendamisel.

Millest on siis põhjustatud ilmne vastuolu? S. Šapovalenko arvates on peamisteks põhjusteks järgmised asjaolud.

1. Ei mõisteta, et igal keemilisel sümbolil ja valemil on ka kvantitatiivne sisu.
2. Ei rakendata alati aine massi jäävuse ja koostise püsivuse seadusi.
3. Ei osata koostada ainete keemilisi valemeid nimetuste ja valentside põhjal.
4. Ei osata koostada keemiliste reaktsioonide võrrandeid.
5. Ei ole aru saadud õpetaja seletustest ülesannete lahendamise kohta.
6. Osa õpilastest ei tunne küllaldaselt elementaarmatemaatikat, eriti aga protsentarvutust ja võrde koostamist ning lahendamist.

Tavaliselt keemia õpetajad arvavadki, et peamiseks põhjuseks on viimane: matemaatika õpetajad ei olevat õpilastele vajalikke arvutusvõtteid küllaldaselt selgeks teinud. Enamasti ei pea aga viimane väide paika, sest just keemia õpetajad ei kasuta ära matemaatikute poolt rajatud baasi ja lahendavad samalaadseid ülesandeid hoopis teisiti, kui lahendatakse matemaatika tunnis. Järgnevalt käsitlemegi üksikasjalikumalt mõningaid 8-klassilise kooli keemia kursuses kõige sagedamini lahendatavaid ülesandeid, nende erinevaid lahendusvõtteid, enam esinevaid vigu ja vigade vältimise võimalusi.

Molekulmassi arvutamine.

Näide. Arvutada kaltsiumnitraadi [$Ca(NO_3)_2$] molekulmass.

Molekulmassi arvutamiseks kasutatakse praktikas peamiselt kolme võtet:

a) $M_{Ca(NO_3)_2} = 40 + 2 \cdot 14 + 6 \cdot 16 = 40 + 28 + 96 = 164$ (ü.)

b) $M_{Ca(NO_3)_2} = 40 + (14 + 3 \cdot 16) \cdot 2 = 40 + (14 + 48) \cdot 2 = 40 + 62 \cdot 2 = 40 + 124 = 164$ (ü.)

c) $A_{Ca} = 40$
$2A_N = 2 \cdot 14 = 28$
$6A_O = 6 \cdot 16 = 96$
$M_{Ca(NO_3)_2} = 164$ (ü.)

Kõige enam kasutatakse esimest lahendusvõtet. Võimaldab ju nimetatud lahendusviis molekulmassi arvutusest välja lugeda üksikute elementide kaalulised kogused aine molekulmassile vastavas koguses. Seega tuleks esimesena märgitud molekulmassi arvutusviisi rakendada just arvutustes valemite põhjal. Esimese lahendusviisiga on sisuliselt võrdne ka kolmas võte, see võtab ainult vähikus enam ruumi ning süvendab õpilastes kirjalikku liitmisvõtet, mida üsna lihtsate arvude puhul ei peeta otstarbekaks. Märgitud põhjustel on see arvutusviis ka vähem levinud.

Teist lahendusvõtet võiks kasutada hilisemas keemia kursuses, kui õpilastele suure hulga ülesannete lahendamise tulemusena on meelde jäänud tähtsamate hapete (seega ka happejääkide) molekulmassid. Teades lämmastikhappe molekulmassi $M_{HNO_3} = 63$ (ü.), võiks teist võtet kasutada lühendatult: $M_{Ca(NO_3)_2} = 40 + 2 \cdot 62 = 40 + 124 = 164$ (ü.), nagu seda sageli teevadki vanemate klasside õpilased.

Molekulmasside arvutamisel teevad õpilased mõnikord vigu, millele alati ei juhita õigeaegselt tähelepanu. Ei saa näiteks lugeda õigeks selliseid kirjutusviise, nagu $MCa(NO_3)_2 = \ldots ?$, $M_{Ca(NO_3)_2} = \ldots ?$, vaid õige on $M_{Ca(NO_3)_2} = \ldots$

Ei saa pidada otstarbekaks ka mitme molekuli molekulmassi arvutamist korraga, kuna sel juhul eksitakse enam. Küllaltki sageli kohtame õpilaste töödes selliseid arvutusi:

$M_{3H_2O} = 3 \cdot 2 \cdot 1 + 16 = 22$ (ü.) või

$M_{2NaOH} = 2 \cdot 23 + 16 + 1 = 63$ (ü.)

Seepärast tuleks soovitatavaks pidada:

$M_{H_2O} = 1 \cdot 2 + 16 = 18$ (ü.) ja $3M_{H_2O} = 3 \cdot 18 = 54$ (ü.) või

$M_{NaOH} = 23 + 16 + 1 = 40$ (ü.) ja

$2M_{NaOH} = 2 \cdot 40 = 80$ (ü.)

Elementide kaaluliste suhete arvutamine aine keemilise valemi põhjal.

Kui õpilased oskavad eksimatult leida aine molekulmassi, siis elementide kaaluliste suhete arvutamine võib teha ainult matemaatika-alaseid raskusi.

Elementide kaalulist suhet aines on võimalik väljendada kahe või enama arvu lihtsa suhtena ja ka protsentides.

Vaatleme algul esimest juhtu. Selleks tuleb välja kirjutada aine valem, leida aatommassid süsinikuühikutes ja võtta saadud arvude suhted.

Näide 1. Arvutada elementide kaalulised suhted järgmistes ühendites: a) vask(II)oksiid, b) vasksulfaat, c) kaltsiumnitraat.

Lahenduskäik õpilaste vihikutes võiks olla järgmine:

a) CuO	b) $CuSO_4$	c) $Ca(NO_3)_2$
64 : 16	64 : 32 : 64	40 : 28 : 96
4 : 1	2 : 1 : 2	10 : 7 : 24

Näide 2. Mitu protsenti rauda on raud(III)oksiidis (Fe_2O_3)? Lahendus.

1) Arvutame Fe_2O_3 molekulmassi:

$$M_{Fe_2O_3} = 2 \cdot 56 + 3 \cdot 16 = 112 + 48 = 160$$

Molekulmassi arvutusest on näha, et 160 kaaluosas raud(III)oksiidis on 112 kaaluosa rauda.

2) Arvutame rauasisalduse protsentides. Kuna üks protsent on üks sajandik arvust, siis leiame, mitu sajandikku rauda sisaldab raudoksiid. Selleks arvutame raua ja raudoksiidi hulkade suhte ning korrutame sajaga:

$$112 : 160 = 0{,}7 = 70\%$$

Pärast molekulmassi arvutamist võiks kasutada ka eelnevast vähesel määral erinevat kirjutusviisi. Selleks et arvutada, mitu % moodustab üks arv teisest, jagame esimese arvu teisega ja korrutame sajaga. Seega:

$$\frac{112 \cdot 100}{160} = 70\%$$

Kumba märgitud lahendusvõtetest kasutada, jäägu õpetaja otsustada. Tuleks vaid soovitada: keemia õpetaja kasutagu sama lahendusviisi, millega on õpilased harjunud matemaatika tundides, mida on nõudnud sama kooli matemaatika õpetaja. Kuna viimaste aastate matemaatika õpikutes on tarvitusele võetud esimene lahendusviis, tuleks seda loomulikult eelistada ka keemia tundides.

Sageli lahendatakse aga eespool toodud ülesannet keemia tundides järgmiselt:

160 k. o. raud(III)oksiidis on 112 k. o. rauda
100 k. o. „ „ x k. o. rauda

või

160 k. o. raud(III)oksiidi on 100%
112 k. o. raud(III)oksiidi on x%

Märgitud väljakirjutust lahendatakse kui võrret:

$160 : 100 = 112 : x$ ja $x = \frac{112 \cdot 100}{160} = 70\%$

Viimati märgitud lahenduskäike ei saa pidada soovitatavaks, kuna siin jõutakse ju lõpuks sama tulemuseni, s. o. 112 : 160. Lisandub vaid lahenduskäigu tuletamine, kusjuures jäetakse kasutamata matemaatika tunnis õpitu.

Kui ülesandes on nõutud lihtsama aine protsendilise koostise leidmist, võime teise elemendi sisalduse leida lahutamise teel sajast. Kui eelnevas näites oleks küsitud ka hapnikusisaldust, siis leiaksime selle nii:

$$100\% - 70\% = 30\%$$

Kui ülesandes on nõutud aga keerukama aine protsendilise koostise leidmist, arvutame eraldi kõikide elementide protsendilise sisalduse ja kontrollime lõpuks liitmise teel.

Näide 3. Arvutada alumiiniumsulfaadi [$Al_2(SO_4)_3$] protsendiline koostis.

1. Arvutame molekulmassi:

$M_{Al_2(SO_4)_3} = 2 \cdot 27 + 32 \cdot 3 + 12 \cdot 16 = 54 + 96 + 192 =$
$= 342$ (ü.). Siit on näha, et 342 ü. alumiiniumsulfaadis on 54 ü. alumiiniumi, 96 ü. väävlit ja 192 ü. hapnikku.

2. Leiame elementide sisalduse alumiiniumsulfaadis (protsentides):

a) $54 : 342 = 0{,}1578 = 15{,}78\%$;
b) $96 : 342 = 0{,}2807 = 28{,}07\%$;
c) $192 : 342 = 0{,}5614 = 56{,}14\%$.

Kontrolliks liidame ja saame: 99,99%.

Viga 0,01% piirides on seletatav jagamise täpsusega.

Vastus: alumiiniumsulfaadis on 15,78% alumiiniumi, 28,07% väävlit ja 56,14% hapnikku.

Ülesanded ainete protsendilise koostise leidmise kohta võivad olla ka oma sõnastuselt tunduvalt keerulisemad. Nende lahenduskäik jääb aga ikkagi põhiliselt samaks.

Näide 4. Arvutada, missuguses allpool märgitud väetises on lämmastikusisaldus kõige suurem: KNO_3, NH_4NO_3, $(NH_4)_2SO_4$.

1. Leiame molekulmassid:

$M_{KNO_3} = 39 + 14 + 48 = 101$ (ü.);
$M_{NH_4NO_3} = 28 + 4 + 48 = 80$ (ü.);
$M_{(NH_4)_2SO_4} = 28 + 8 + 32 + 64 = 132$ (ü.).

2. Tavaliselt lahendatakse edasi nii, et arvutatakse välja iga aine lämmastikusisaldus protsentides ja võrreldakse neid omavahel.

Ülesannet saab lahendada ka lihtsamalt, ilma tülika jagamistehteta, kui õpilastele meelde tuletada, et võrdsete lugejate korral on suurim see murd, mille nimetaja on vähim.

Arvutame suhted:

$$\frac{14}{101} = \frac{28}{202}, \frac{28}{80} \text{ ja } \frac{28}{132}$$

Kirjutatud võrdsete lugejatega murdudest on suurim $\frac{28}{80}$, seega kõige lämmastikurikkam on ammooniumnitraat.

Elemendi hulga arvutamine aine hulga ja aine hulga arvutamine elemendi hulga põhjal.

Näide 1. Mitu g vesinikku on 90 g vees?

Noorematesklassides peame soovitatavaks järgmist kirjutusviisi:

$$\frac{H_2O \quad 90\ g}{H \quad x\ g}$$

Taolist ülesannet on võimalik lahendada mitmel erineval viisil.

Esimene lahendusviis.

1. Leiame vee molekulmassi:

$$M_{H_2O} = 2 + 16 = 18 \text{ (ü.)}$$

Seega 18 ü. vett sisaldab 2 ü. vesinikku
ja ka 18 g vett sisaldab 2 g vesinikku

2. Arvutame vesiniku hulga 90 g vees:
kui 18 g vees on 2 g vesinikku,
siis 90 g vees on x g vesinikku.

Kuna vee ja temas sisalduva vesiniku hulkade suhe on alati jääv, saame võrde:

$$18 : 2 = 90 : x, \text{ millest } x = \frac{2 \cdot 90}{18} = 10 \text{ (g)}.$$

Vastus: 90 g vees on 10 g vesinikku.

Teine lahendusviis.

1. Vee molekulmass:

$$M_{H_2O} = 2 + 16 = 18 \text{ (ü.)},$$

seega 18 ü. vees on 2 ü. vesinikku
ja ka 18 g vees on 2 g vesinikku.

2. Arvutame vesiniku hulga 90 g vees:
kui 18 g vees on 2 g vesinikku,

siis 1 g vees on $\frac{2}{18}$ g vesinikku (s. o. 18 korda vähem) ja

90 g vees on $90 \cdot \frac{2}{18} = 10$ g vesinikku (s. o. 90 korda rohkem).

Kolmas lahendusviis.

1. Vee molekulmass:

$$M_{H_2O} = 2 + 16 = 18 \text{ (ü.)}$$

2. Otsustame, mitu korda on ülesandes antud vee hulk suurem kui molekulmassile vastav hulk:

$$90 : 18 = 5 \text{ korda}$$

3. Kui vee hulk on 5 korda suurem, siis ka vesiniku hulk on 5 korda suurem, seega:

$$5 \cdot 2 = 10 \text{ (g vesinikku)}$$

Neljas lahendusviis.

Mõnedes kaheksaklassilistes koolides on õpilastele selgeks tehtud mooli mõiste. Sel juhul võib lahendada järgmiselt.

1. Leiame vee molekulmassi ja mooli kaalu:

$M_{H_2O} = 2 + 16 = 18$ (ü.), seega vee mool kaalub 18 g.

2. Arvutame, mitu mooli on 90 g vett:

$$90 : 18 = 5 \text{ (mooli)}$$

3. Leiame, mitu g vesinikku on 5 moolis vees. Molekulmassi arvutusest on näha, et ühes moolis vees on 2 g vesinikku, järelikult 5 moolis vees on 5 korda rohkem, s. o. $2 \cdot 5 = 10$ (g).

Praktikas on kõige enam kasutusel esimene lahendusviis. Ennast õigustavad kahtlematult ka ülejäänud. Eriti tahaksime soovitada viimaseid, kuna nendel juhtudel on tegelik lahenduskäik lühem, loogilisem ja lihtsamate arvude puhul peastarvutuse teel läbiviidav. Ka keerulisemate arvude korral on kolmandat lahendusviisi kasutades kerge otsustada, kas vastus on ligikaudselt õige. Selle tõttu peaks ülesannete kordamisel 8. klassis õpilastele igal juhul selgeks õpetama ühe viimastest lahendusviisidest kui parima enesekontrolli võtte.

Näide 2. Missuguses koguses naatriumnitraadis on 12 tonni hapnikku?

Esimene lahendusviis.

1. Leiame naatriumnitraadi molekulmassi:

$$M_{NaNO_3} = 23 + 14 + 3 \cdot 16 = 23 + 14 + 48 = 85 \text{ (ü.)}$$

Seega: 85 ü. naatriumnitraati sisaldab 48 ü. hapnikku,
ka 85 g naatriumnitraati sisaldab 48 g hapnikku
ja 85 kg „ „ 48 kg „
ja 85 t „ „ 48 t „

Mõne taolise ülesande korral tuleb kindlasti õpilastele eespool märgitu selgeks teha.

2. Leiame naatriumnitraadi hulga:

kui 85 t $NaNO_3$ sisaldab 48 t hapnikku,
siis x t $NaNO_3$ sisaldab 12 t hapnikku

$$85 : 48 = x : 12 \text{ ja } x = \frac{85 \cdot 12}{48} = 21{,}25 \text{ (t)}.$$

Teine lahendusviis.

1. Leiame naatriumnitraadi molekulmassi:

$$M_{NaNO_3} = 23 + 14 + 48 = 85 \text{ (ü.)}$$

Seega 85 ü. naatriumnitraadis on 48 ü. hapnikku ja
85 t naatriumnitraadis on 48 t hapnikku.

2. Arvutame naatriumnitraadi hulga:
kui 48 t hapnikku on 85 t $NaNO_3$-s

siis 1 t „ $\frac{85}{48}$ t „

ja 12 t „ $\frac{85 \cdot 12}{48} = 21{,}25$ (t $NaNO_3$-s).

Kolmas lahendusviis.

1. Leiame naatriumnitraadi molekulmassi:

$$M_{NaNO_3} = 23 + 14 + 48 = 85 \text{ (ü.)}$$

2. Otsustame, mitmendiku osa (või mitu korda enam) moodustab ülesandes antud hapniku hulk võrreldes molekulmassi arvutuses esineva hulgaga. Selleks jagame:

$$12 : 48 = \frac{1}{4}$$

3. Kui hapniku hulk on 4 korda väiksem $\left(\text{s. o. } \frac{1}{4}\right)$, siis ka naatriumnitraadi hulk peab olema 4 korda väiksem. Seega naatriumnitraati on:

$$\frac{85}{4} = 21{,}25 \text{ (t)}$$

Näide 3. Mitu kilogrammi rauda on 750 kilogrammis magnetiidis, mis sisaldab 92,8% Fe_3O_4?

Õpilased kirjutavad vihikutesse:

magnetiit	750 kg
Fe_3O_4	92,8%
Fe	x kg

Lahenduskäik.

1. Mitu kg Fe_3O_4 on 750 kg magnetiidis?

Kuna üks protsent on 0,01, siis 92,8% on 0,928 e. $\frac{92,8}{100}$ seega 92,8% 750-st kg-st on $0,928 \cdot 750 = 696$ (kg).

Paljud õpetajad lahendavad järgmiselt:

$$\frac{750 \cdot 92,8}{100} = 696 \text{ (kg)}$$

Viimati märgitud arvutusviisi võiks lubada siis, kui ka vastava kooli matemaatika õpetajad on kasutanud sama viisi.

Ei saa otstarbekaks lugeda järgmisi lahenduskäike:

a) 750 kg on 100%
x kg on 92,8%

$750 : 100 = x : 92,8$ ja $x = \frac{92,8 \cdot 750}{100} = 696$ (kg)

b) kui 100 kg magnetiidis on 92,8 kg Fe_3O_4
siis 750 kg magnetiidis on x kg Fe_3O_4

$100 : 92,8 = 750 : x$ ja $x = \frac{750 \cdot 92,8}{100} = 696$ (kg)

Ka need kaks lahendusviisi ei ole õpilastele rasked, kuid nõuavad tunduvalt pikemat arutlust ja üleskirjutust. Kuna õpilastele on tarvis õpetada kõige ratsionaalsemaid arvutusvõtteid, tuleks eelistada kindlasti esimesena märgitud lahendusviisi, mis kasutab ära ka matemaatika tundides saadud oskused.

2. Arvutame Fe_2O_3 molekulmassi, tähistades ära meile vajalikud arvud:

$$M_{Fe_3O_4} = \underline{168} + \underline{64} = \underline{232} \text{ (ü.)}$$

3. Leiame, mitu kg rauda on 696 kg-s Fe_3O_4-s:

kui 232 kg Fe_3O_4 sisaldab 168 kg Fe,
siis 696 kg „ „ x kg Fe;

sellest $232 : 696 = 168 : x$ ja $x = \frac{168 \cdot 696}{232} =$
$= 504$ (kg Fe).

Näide 4. Mitmes tonnis püriidis (FeS_2), mis sisaldab 25% aherainet, on 480 tonni väävlit?

1. Leiame FeS_2 molekulmassi:

$$M_{FeS_2} = 56 + 64 = 120 \text{ (ü.)}$$

2. Arvutame, mitmes tonnis aheraineta püriidis on 64 t väävlit:

kui 120 t FeS_2 sisaldab 64 t S,
siis x t FeS_2 „ 480 t S;

$120 : 64 = x : 480$ ja $x = \frac{480 \cdot 120}{64} = 900$ (t FeS_2)

Mõnikord lubatakse õpilastel arvutada järgmiselt:

kui 120 g FeS_2-s on 64 g S,
siis x g FeS_2-s on 480 000 000 g S;

$x = \frac{480\,000\,000 \cdot 120}{64} = 900\,000\,000$ (g FeS_2) $= 900$ (t FeS_2)

Viimati märgitud lahenduskäigust tuleks hoiduda, kuna suurte arvude puhul tekib sagedamini vigu. Väljakirjutuses 120 k. o. FeS_2 sisaldab 64 k. o. S võivad olla kõikvõimalikud kaaluühikud.

3. Leiame, mitu % FeS_2 on püriidis:

$$100\% - 25\% = 75\%$$

4. Arvutame, kui suures koguses püriidis on 900 t FeS_2.

Kuna püriit sisaldab 75% FeS_2, siis moodustab 900 t 75% püriidi kogusest. Seega peame leidma 100%, s. o. osa järgi terviku. Selleks jagame:

$$900 : 0{,}75 = 1200 \text{ (t) või } \frac{900 \cdot 100}{75} = 1200 \text{ (t)}$$

Ülesanded lahuste protsendilise kontsentratsiooni põhjal.

Lahuste protsendilise kontsentratsiooni käsitlemisel tuleks anda õpilastele eelkõige hulgaliselt ülesandeid peastarvutamiseks. Näiteks.

1. *Mitu g soola ja vett on tarvis 100 g 1%-lise lahuse valmistamiseks?*
2. *Mitu g soola ja vett on tarvis 100 g 25%-lise lahuse valmistamiseks?*
3. *Mitu g soola ja vett on tarvis 100 g 5%-lise lahuse valmistamiseks?*
4. *Mitu g soola ja vett on tarvis 100 g 15%-lise lahuse valmistamiseks?*
5. *Mitu g soola ja vett on tarvis 100 g 20%-lise lahuse valmistamiseks?*
6. *Mitme protsendiline on lahus, kui 100 g lahuses on 2 g ainet?*
7. *Mitme protsendiline on lahus, kui 100 g lahuses on 5 g ainet?*
8. *Mitme protsendiline on lahus, kui 100 g lahuses on 12 g ainet?*
9. *Mitme protsendiline on lahus, kui 100 g lahuses on 40 g ainet?*
10. *Mitme protsendiline lahus saadakse, kui 96 g vees lahustada 5 g ainet?*
11. *Mitme protsendiline lahus saadakse, kui 80 g vees lahustada 20 g ainet?*
12. *Mitme protsendiline lahus saadakse, kui 65 g vees lahustada 35 g ainet?*

Nende lihtsamate ülesannete juurest võib edasi minna alles siis, kui ka kõige nõrgemad õpilased enam ei eksi. Järgmised peastarvutamise ülesanded olgu sellised.

1. *Mitu g soola ja vett on tarvis 200 g 3%-lise lahuse valmistamiseks?*
2. *Mitu g soola ja vett on tarvis 500 g 5%-lise lahuse valmistamiseks?*
3. *Mitu g soola ja vett on tarvis 50 g 8%-lise lahuse valmistamiseks?*
4. *Mitu g soola ja vett on tarvis 20 g 30%-lise lahuse valmistamiseks?*

Loomulikult tuleb nende ülesannete lahendamisel hoiduda võrde abil lahendamisest, mida mõnel pool praktiseeritakse:

kui 100 g lahuses on 5 g soola,
siis 500 g lahuses on x g soola;

$$x = \frac{500 \cdot 5}{100} = 25 \text{ g soola}$$

Õpilased peaksid suutma otsustada ka peast, et 500 g lahuse jaoks on soola tarvis 5 korda enam kui 100 g lahuse jaoks, järelikult $5 \cdot 5 = 25$ g soola. Üsna edukalt on võimalik õpilasi võõrutada liiga sagedasest võrde kasutamisest ülesannete lahendamisel (ka siis, kui see on muutunud neile harjumuseks), kui küsida, kas kaupluses piima ostes nad ka arvutavad x-dega:

kui 1 l piima maksab 24 kop.,
siis 2 l piima maksab x kop.

$$x = \frac{24 \cdot 2}{1} = 48 \text{ (kop.)};$$

või riide ostmisel:

kui 1 m riiet maksab 2,5 rubla,
siis 3 m riiet maksab x rubla;

$$x = \frac{2{,}5 \cdot 3}{1} = 7{,}5 \text{ (rbl.)}.$$

Peast võiks õpilastel lasta lahendada veel selliseid ülesandeid.

1. Mitme protsendiline on lahus, kui 300 g lahuses on 40 g ainet?
2. Mitme protsendiline on lahus, kui 300 g lahuses on 90 g ainet?
3. Mitme protsendiline on lahus, kui 25 g lahuses on 15 g ainet?
4. Mitme protsendiline lahus saadakse, kui 180 g vees lahustada 20 g soola?
5. Mitme protsendiline lahus saadakse, kui 270 g vees lahustada 30 g soola?
6. Mitme protsendiline lahus saadakse, kui 320 g vees lahustada 80 g soola?

Üldse tuleks püüda selle poole, et õpilased võimalikult enam lahendaksid peast protsentarvutusega seotud ülesandeid.

Kirjalikult on tarvis lahendada selliseid ülesandeid, millede lahendamine peastarvutamise teel teeb raskusi.

Näide 1. Mitu g soola ja vett on tarvis 325 g 16%-lise lahuse valmistamiseks?

1. Leiame soola hulga, s. o. 16% 325-st:

$$325 \cdot 0{,}16 = 52 \text{ (g soola) ehk } \frac{325 \cdot 16}{100} = 52 \text{ (g soola)}$$

2. Leiame vee hulga:

$$325 - 52 = 273 \text{ (g vett)}$$

Vastus: 325 g 16%-lise soola lahuse valmistamiseks on tarvis 52 g soola ja 273 g vett.

Ei tohiks lubada lahendada alljärgnevalt:

kui 100 g lahuses on 16 g soola,
siis 325 g lahuses on x g soola;

$$100 : 16 = 325 : x \text{ ja } x = \frac{325 \cdot 16}{100} = 52 \text{ (g)}$$

Põhjustest oli juttu juba eespool.

Näide 2. Mitme protsendiline lahus saadakse, kui 525 g vees lahustada 35 g suhkrut?

1. Leiame lahuse hulga:

$$525 + 35 = 560 \text{ (g lahust)}$$

2. Leiame protsendilise kontsentratsiooni. Selleks arvutame lahustunud aine ja lahuse hulga suhte ning avaldame selle protsentides:

$$35 : 560 = 0{,}0625 = 6{,}25\%$$

Vastus: 35 g suhkru lahustamisel 525 g vees saadakse 6,25%-line lahus.

Mõnikord lahendatakse ülesande lõpuosa järgmiselt:

kui 560 g lahuses on 35 g ainet,
siis 100 g lahuses on x g ainet;

seega $560 : 35 = 100 : x$ ja $x = \frac{35 \cdot 100}{560} = 6{,}25\%$.

Ka siin poleks mõtet kasutada viimasena toodud lahendusviisi, mis on eelmisest tunduvalt pikem.

Näide 3. Mitu g vett ja 84%-list väävelhapet on tarvis võtta 350 g 12%-lise väävelhappelahuse saamiseks?

Sageli lahendatakse ülesannet mitmejärguliselt. Algul leitakse, mitu g veevaba väävelhapet on tarvis 350 g 12%-lise lahuse valmistamiseks:

$$12\% \text{ 350 grammist on } 350 \cdot 0{,}12 = 42 \text{ (g)}.$$

Seejärel arvutatakse 84%-lise happe hulk. Kuna 42 g moodustab 84% kasutatavast happest, siis 100% on 42 : : 0,84 = 50 (g) ning vee hulk on 350 — 50 = 300 (g).

Selle asemel võiks lasta õpilastel otsustada, mitu korda lahjendame lahust. Kui enne oli lahuse kontsentratsioon 84% ja pärast 12%, siis lahjendame

$$84 : 12 = 7 \text{ korda.}$$

Seega peab võetud lahuse hulk olema 7 korda väiksem ehk:

350 : 7 = 50 (g) ja vee hulk 350 — 50 = 300 (g).

Vastus: 350 g 12%-lise lahuse valmistamiseks kulub 50 g 84%-list väävelhapet ja 300 g vett.

Ülesanded reaktsiooni võrrandite põhjal.

Ülesanded reaktsiooni võrrandite järgi lahenduvad keemilisse reaktsiooni astunud ja keemilisel reaktsioonil saadud ainete kaaluliste suhete püsivuse põhjal, s. o. aine massi jäävuse alusel.

Selleks et eksimatult lahendada neid ülesandeid, peavad õpilased kõigepealt õigesti koostama reaktsiooni võrrandi. Seepärast peaksid õpetajad alati leidma aega reaktsiooni võrrandite koostamise harjutamiseks.

Alljärgnevalt vaatleme näidete varal tähtsamaid keemiliste reaktsioonide võrrandite alusel lahendatavaid ülesannete tüüpe.

Näide 1. Missuguses kaalulises vahekorras reageerivad raud(III)oksiid ja vesinik ning missuguses kaalulises vahekorras tekivad raud ja vesi selles reaktsioonis?

Koostame reaktsiooni võrrandi ja arvutame kaalulised suhted:

$$\underset{56\cdot 2+16\cdot 3}{Fe_2O_3} + \underset{3\cdot 2}{3H_2} = \underset{2\cdot 56}{2Fe} + \underset{3(2\cdot 1+16)}{3H_2O}$$

$$160 \quad : \quad 6 \quad : \quad 112 \quad : \quad 54$$

$$80 \quad : \quad 3 \quad : \quad 56 \quad : \quad 27$$

Vastus: antud keemilisest reaktsioonist osavõtnud ainete hulgad suhtuvad nagu 80 : 3 : 56 : 27.

Näide 2. Mitu grammi difosforpentoksiidi tekib 1,55 g fosfori põlemisel?

Ka reaktsioonide võrrandite alusel lahendatavate ülesannete puhul võiksid õpilased kirjutada vihikutesse:

P	1,55 g
P_2O_5	x g

1. Koostame reaktsiooni võrrandi, kriipsutades võrrandis alla ülesande lahendamiseks vajalikud ained:

$$\underline{4P} + 5O_2 = \underline{2P_2O_5}$$

2. Arvutame vajalikud molekulmassid:

$$4A_P = 4 \cdot 31 \text{ (ü.)},$$

$$M_{P_2O_5} = 2 \cdot 31 + 5 \cdot 16 = 62 + 80 = 142 \text{ (ü.) ja}$$

$$2M_{P_2O_5} = 2 \cdot 142 \text{ (ü.)}$$

Siinjuures ei ole soovitatav välja korrutada $4 \cdot 31 = 124$ ja $2 \cdot 142 = 284$, kuna esitatud viisil on arvud sageli kergemini taandatavad.

3. Leiame tekkinud difosforpentoksiidi hulga:

kui $4 \cdot 31$ g P põlemisel tekib $2 \cdot 142$ g P_2O_5,
siis 1,55 g P „ „ x g P_2O_5.

Kuna põlenud fosfori ja tekkinud difosforpentoksiidi hulkade suhe on alati jääv, võime välja kirjutada võrde:

$$\frac{4 \cdot 31}{2 \cdot 142} = \frac{1{,}55}{x}$$

millest võrde põhiomaduse alusel:

$$x = \frac{2 \cdot 142 \cdot 1{,}55}{4 \cdot 31} = 3{,}55 \text{ (g } P_2O_5\text{)}$$

Vastus: 1,55 grammi fosfori põlemisel tekib 3,55 grammi difosforpentoksiidi.

Teine lahendusviis.

1. Arvutame vajalikud molekulmassid:

$$A_P = 31 \text{ (ü.) ja } M_{P_2O_5} = 142 \text{ (ü.)}$$

2. Koostame reaktsiooni võrrandi ning märgime selle kohale ülesande tekstis antud ainete hulgad ja alla molekulmassi arvutustest saadud ainete hulgad:

$$\begin{array}{ccc} 1{,}55\ \text{g} & & x\ \text{g} \\ 4P + 5O_2 & = & 2P_2O_5 \\ 4 \cdot 31\ \text{g} & & 2 \cdot 142\ \text{g} \end{array}$$

Edasi lahendame ülesannet kui võrret, millest x on võimalik avaldada ka ilma võrret $\left(\frac{1{,}55}{4 \cdot 31} = \frac{x}{2 \cdot 142}\right)$ välja kirjutamata:

$$x = \frac{1{,}55 \cdot 2 \cdot 142}{4 \cdot 31} = 3{,}55\ (\text{g}\ P_2O_5).$$

Nagu näha, ei erine teine lahendusviis sisuliselt esimesest. Tema põhilisteks eelisteks on lühem üleskirjutus vihikus ja väiksemad eksimisvõimalused, kuna kogu arvutus toimub reaktsiooni võrrandi vahetus läheduses.

Kolmas lahendusviis.

1. Koostame reaktsiooni võrrandi:

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

2. Leiame vajalikud molekulmassid:

$A_P = 31$ (ü.) ja $4A_P = 4 \cdot 31 = 124$ (ü.)
$M_{P_2O_5} = 142$ (ü.) ja $2M_{P_2O_5} = 2 \cdot 142 = 248$ (ü.)

Seega 124 ü. fosfori põlemisel tekib 284 ü. P_2O_5

ja 124 g fosfori põlemisel tekib 284 g P_2O_5

3. Arvutame 1,55 grammi fosfori põlemisel tekkinud difosforpentoksiidi hulga:

kui 124 g P põlemisel tekib 284 g P_2O_5,
siis 1 g P põlemisel tekib 124 korda vähem, s. o.

$\frac{284}{124}$ g P_2O_5

ja 1,55 g P põlemisel tekib 1,55 korda rohkem, s. o.
$1{,}55 \cdot \frac{284}{124} = 3{,}55$ g P_2O_5.

Neljas lahendusviis.

Koolides, kus on selgeks tehtud mooli ja grammaatomi mõiste, võiks lahendada alljärgnevalt.

1. Leiame, mitu g-aatomit on 1,55 g fosforit:

$$1{,}55 : 31 = 0{,}05 \text{ g-aatomit}$$

2. Koostame reaktsiooni võrrandi:

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

3. Arvutame, mitu mooli difosforpentoksiidi tekib 0,05 g-aatomi fosfori põlemisel.

Reaktsiooni võrrandist on näha, et 4 grammaatomi fosfori põlemisel tekib 2 mooli difosforpentoksiidi (s. o. 2 korda vähem), seega 0,05 g-aatomi fosfori põlemisel tekib 0,025 mooli difosforpentoksiidi.

4. Leiame difosforpentoksiidi mooli kaalu:

$M_{P_2O_5} = 142$ (ü.), seega difosforpentoksiidi mool kaalub 142 g.

5. Arvutame, mitu grammi kaalub 0,025 mooli difosforpentoksiidi:

$$142 \cdot 0{,}025 = 3{,}55 \text{ (g } P_2O_5)$$

Viies lahendusviis.

1. Koostame reaktsiooni võrrandi:

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

2. Leiame molekulmassid:

$$A_P = 31 \text{ (ü.)}, \quad 4A_P = 4 \cdot 31 \text{ (ü.)}$$
$$M_{P_2O_5} = 142 \text{ (ü.) ja } 2M_{P_2O_5} = 2 \cdot 142 \text{ (ü.)}$$

Seega $4 \cdot 31$ ü. fosfori põlemisel tekib $2 \cdot 142$ ü. difosforpentoksiidi

ja $4 \cdot 31$ g fosfori põlemisel tekib $2 \cdot 142$ g difosforpentoksiidi.

3. Otsustame, mitmendiku osa moodustab ülesandes antud fosfori hulk reaktsiooni võrrandile vastavast fosfori hulgast. Selleks jagame ülesandes antud fosfori hulga selle hulgaga, mida tähistab reaktsiooni võrrand:

$$\frac{1{,}55}{4 \cdot 31} = \frac{1}{80}$$

Leidsime, et fosforit on ülesandes 80 korda vähem kui reaktsiooni võrrandis, seepärast ka difosforpentoksiidi peab olema 80 korda vähem. Seega:

$$\frac{2 \cdot 142}{80} = 3{,}55 \text{ (g } P_2O_5\text{)}$$

Viimati märgitud lahendusviisid on kahtlematult lühemad, põhinevad loogilisel arutlusel ja seetõttu tuleks neid kindlasti kasutada.

Näide 3. Mitu grammi naatriumhüdroksiidi on tarvis 490 g 5%-lise väävelhappe lahuse neutraliseerimiseks?

Õpilased märgivad vihikutesse:

5%-line H_2SO_4	490 g
NaOH	x g

1. Leiame, mitu grammi veevaba väävelhapet (H_2SO_4) on 490 grammis 5%-lises lahuses:

$490 \cdot 0{,}05 = 24{,}5$ (g H_2SO_4) või $\frac{490 \cdot 5}{100} = 24{,}5$ (g H_2SO_4).

Ka siinjuures tuleks hoiduda pikemast lahenduskäigust:

kui 100 g lahuses on 5 g H_2SO_4,
siis 490 g lahuses on x g H_2SO_4

$$\frac{100}{5} = \frac{490}{x} \text{ ja } x = \frac{5 \cdot 490}{100} = 24{,}5 \text{ (g } H_2SO_4\text{)}$$

2. Arvutame vajalikud molekulmassid:

$$M_{NaOH} = 23 + 16 + 1 = 40 \text{ (ü.)}$$
$$M_{H_2SO_4} = 2 + 32 + 4 \cdot 16 = 2 + 32 + 64 = 98 \text{ (ü.)}$$

3. Koostame reaktsiooni võrrandi ja arvutame selle põhjal kulunud naatriumhüdroksiidi hulga:

$$\underset{2 \cdot 40 \text{ g}}{\underline{2NaOH}} + \underset{98 \text{ g}}{\underline{H_2SO_4}} = \underline{Na_2SO_4} + 2H_2O \qquad \begin{matrix} x \text{ g} \\ \\ \end{matrix} \quad \begin{matrix} 24{,}5 \text{ g} \\ \\ \end{matrix}$$

$$x = \frac{24{,}5 \cdot 2 \cdot 40}{98} = 20 \text{ (g NaOH)}$$

Vastus: 490 grammi 5%-lise väävelhappe lahuse neutraliseerimiseks kulub 20 grammi naatriumhüdroksiidi.

Näide 4. Mitu tonni 98%-list väävelhapet on tarvis 490 tonni fosforhappe saamiseks fosforiidist.

Õpilased kirjutavad vihikutesse:

H_3PO_4	490 tonni
98%-list H_2SO_4	x tonni

1. Koostame reaktsiooni võrrandi, märkides arvutusteks vajalikud ained:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

2. Leiame molekulmassid:

$$M_{H_2SO_4} = 2 + 32 + 4 \cdot 16 = 2 + 32 + 64 = 98 \text{ (ü.)}$$
$$M_{H_3PO_4} = 3 + 31 + 4 \cdot 16 = 3 + 31 + 64 = 98 \text{ (ü.)}$$

3. Arvutame 490 tonni fosforhappe tekkimiseks vajaliku veevaba väävelhappe (H_2SO_4) hulga:
Kui $2 \cdot 98$ tonni H_3PO_4 saamiseks kulub $3 \cdot 98$ tonni H_2SO_4,
siis 490 tonni H_3PO_4 saamiseks kulub x tonni H_2SO_4;

$$\frac{2 \cdot 98}{3 \cdot 98} = \frac{490}{x} \text{ ja } x = \frac{490 \cdot 3 \cdot 98}{2 \cdot 98} = 735 \text{ (t } H_2SO_4)$$

4. Leiame 98%-lise väävelhappe hulga. Siinjuures tuleks õpilastele selgitada, et see on kindlasti suurem kui veevaba väävelhappe hulk; seega arvutame osa järgi tervikut:

$$735 : 0{,}98 = 750 \text{ (tonni 98\%-list väävelhapet).}$$

Ka siinjuures ei ole mõtet lahendada pikemalt, nagu sageli tehakse:

kui 735 tonni H_2SO_4 on 98%,
siis x tonni H_2SO_4 on 100%

$$\frac{735}{98} = \frac{x}{100} \text{ ja } x = \frac{735 \cdot 100}{98} = 750 \text{ (tonni).}$$

Vastus: 490 tonni fosforhappe saamiseks kulub 750 tonni 98%-list väävelhapet.

Näide 5. Mitu grammi kaltsiumnitraati tekib 370 grammi kustutatud lubja reageerimisel lahusega, mis sisaldab 1260 grammi lämmastikhapet?

Õpilased märgivad vihikutesse:

$Ca(OH)_2$	370 g
HNO_3	1260 g
$Ca(NO_3)_2$	x g

Esimene lahendusviis.

1. Koostame reaktsiooni võrrandi, märkides ühtlasi arvutusteks vajalikud ained:

$$Ca(OH)_2 + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$$

2. Leiame arvutusteks vajalike ainete molekulmassid:

$M_{Ca(OH)_2} = 40 + 2 \cdot 17 = 40 + 34 = 74$ (ü.), seega mool kaalub 74 g;

$M_{HNO_3} = 1 + 14 + 3 \cdot 16 = 1 + 14 + 48 = 63$ (ü.), seega mool kaalub 63 g;

$M_{Ca(NO_3)_2} = 40 + 2 \cdot 62 = 40 + 124 = 164$ (ü.), seega mool kaalub 164 g.

3. Kuna ülesandes on antud mõlemate lähteainete hulgad, on tarvis otsustada, kumba lähteainet on ülehulgas (liias). Selleks jagame ülesandes antud ainete hulgad reaktsiooni võrrandile vastavate ainete hulkadega:

$$Ca(OH)_2 \quad \frac{370}{74} = 5$$

$$HNO_3 \quad \frac{1260}{2 \cdot 63} = 10$$

Arvutusest näeme, et ülehulgas on lämmastikhapet, kuna viimast on ülesandes 10 korda rohkem kui reaktsiooni võrrandis ja kaltsiumhüdroksiidi on 5 korda enam kui reaktsiooni võrrandis. Seega tuleks ülesanne lõpuni lahendada kaltsiumaluse hulga põhjal.

4. Arvutame tekkinud kaltsiumnitraadi hulga. Kõige lihtsam oleks seejuures toimida järgmise mõttekäigu alusel. Kui lähteainet, s. o. kaltsiumhüdroksiidi, on ülesandes viis korda rohkem kui reaktsiooni võrrandis, siis ka saadust, s. o. kaltsiumnitraati, peab olema 5 korda enam. Seega:

$$5 \cdot 164 = 820 \text{ [g } Ca(NO_3)_2\text{]}$$

Vastus: 370 grammi kustutatud lubja reageerimisel lahusega, milles on 1260 grammi HNO_3, tekib 820 grammi kaltsiumnitraati.

Teine lahendusviis.

Vaadeldud ülesannet lahendatakse sageli õpilaste poolt tunduvalt pikemalt. Nimelt arvutavad nad eraldi tekkinud kaltsiumnitraadi hulga nii ülesandes antud kaltsiumhüdroksiidi kui ka lämmastikhappe hulga põhjal.

Selline lahenduskäik oleks järgmine.

1. Koostame reaktsiooni võrrandi ja märgime arvutusteks vajalikud ained:

$$\underline{Ca(OH)_2} + \underline{2HNO_3} = \underline{Ca(OH_3)_2} + 2H_2O$$

2. Leiame molekulmassid:

$$M_{Ca(OH)_2} = 40 + 2 \cdot 17 = 40 + 34 = 74 \text{ (ü.)}$$

$$M_{HNO_3} = 1 + 14 + 3 \cdot 16 = 1 + 14 + 48 = 63 \text{ (ü.)}$$

$$M_{Ca(NO_3)_2} = 40 + 2 \cdot 62 = 40 + 124 = 164 \text{ (ü.)}$$

3. Arvutame kaltsiumnitraadi koguse lämmastikhappe hulga põhjal:

kui $2 \cdot 63$ g HNO_3 reageerimisel tekib 164 g $Ca(NO_3)_2$,
siis 1260 g HNO_3 reageerimisel tekib x g $Ca(NO_3)_2$

$$\frac{2 \cdot 63}{164} = \frac{1260}{x} \text{ ja } x = \frac{1260 \cdot 164}{2 \cdot 63} = 1640 \text{ [g } Ca(NO_3)_2\text{]}.$$

4. Arvutame, kui palju kaltsiumnitraati saaks antud kaltsiumhüdroksiidi kogusest.

kui 74 g $Ca(OH)_2$ reageerimisel tekib 164 g $Ca(NO_3)_2$,
siis 370 g $Ca(OH)_2$ reageerimisel tekib x g $Ca(NO_3)_2$

$$\frac{74}{164} = \frac{370}{x} \text{ ja } x = \frac{164 \cdot 370}{74} = 820 \text{ [g } Ca(NO_3)_2\text{]}$$

Õigeks vastuseks on väiksem, seega 820 g. Viimasena märgitud lahendusviis ei ole soovitatav, kuna õpilastel kulub sel viisil lahendamiseks tunduvalt enam aega ja ka vihikutes on lahenduskäik palju pikem.

* * *

Arvutuslike ülesannete lahendamine annab ainult siis häid tulemusi, kui enne tehakse õpilastele selgeks üks, s. o. lihtsam ülesannete liik, ja alles seejärel asutakse keerulisemate juurde. On äärmiselt vajalik, et iga uue ülesannete liigi juurde asumisel selgitaks õpetaja ise detailideni lahenduskäigu — esialgu kindlasti ainult ühe võtte abil. Seejärel tuleks lahendada taolisi ülesandeid kogu klassiga nii, et üks õpilane arvutab tahvlil ja alles pärast seda, kui ka aeglasemalt taipavad õpilased on jõudnud rahuldava lahendamisoskuseni, järgnegu iseseisev töö õppetunnis ja kodus, kusjuures erinevate võimetega õpilastele tuleks anda erinevaid ülesandeid.

Ka siis, kui õpilased on ühe või teise ülesannete liigi lahendamise enam-vähem selgeks saanud, toimugu ülesannete lahendamise süvendamine ja harjutamine võimalikult igas tunnis.

Arvutuslike ülesannete lahendamine vajab põhjalikku harjutamist, seepärast ei tohi mingil juhul nendega kiirustada. Ühe-kahe tunniga ei tee õpilastele ühtegi ülesannete liiki täiesti selgeks, seepärast varugem selleks tööks enam aega.

4. ÕPILASTE TÖÖ VIHIKUGA.

Õpilase vihik on õppevahend. Ta erineb teistest õppevahendeist: õpilane kasutab teda õppimiseks, teadmiste omandamiseks, kuid võtab ise osa ka selle õppevahendi loomisest. Õpilase tööd oma töövihiku koostamisel, loomisel (ülesannete lahendamine, harjutuste tegemine, plaanide ja tabelite koostamine, laboratoorsete tööde protokollimine, skeemide joonistamine) tuleb lugeda *praktiliseks õppemeetodiks*.

Praktiline töö, mida õpilane teeb oma töövihiku täitmisel, soodustab mitmeti teadmiste omandamist. Paljudel õpilastel on nn. motoorne mälutüüp — nad jätavad kergemini meelde seda, mida on paralleelselt kuulmisele ja nägemisele oma käega kirja pannud. Eriti vajalik on kirjaoildi ja motoorsete liigutuste seostamine valemite ning võrrandite õppimisel. Ülesannete lahendamine pole sageli üldse võimalik ilma kirjaliku tööta. Kuigi peastarvutamist ülesannete lahendamisel tuleb julgemini rakendada, on ülesannete lahendamisoskuse omandamisel rohke kirjalik töö mõõdapääsmatu. Õpilaste isiklikud tähelepanekud kat-

setest ja sellised täiendavad faktid õpetaja seletustest, mida õpikus ei ole, on vaja fikseerida õpilase vihikus. Aparaatide ja katseseadmete joonistamine sunnib õpilasi neid tähelepanelikumalt vaatlema. Plaanide ja tabelite koostamine aktiviseerib mõttetööd, arendab analüüsi- ja üldistamisvõimet.

Kõik see teeb väga vajalikuks, et õpilastel igas tunnis oleks võimalus ja kohustus üleskirjutuste tegemiseks.

Millised need ülestähendused peaksid olema ja kuidas õpetaja töövihikute täitmist suunab, sellest on õpilaste poolt tehtava eksperimendi kirjeldamisel ja ülesannete lahendamise meetodite tutvustamisel juba juttu olnud. Ka sõnaliste meetodite käsitlemisel puutusime korduvalt kokku õpilaste kirjalike ülestähenduste sisu ja vormiga.

Millise vihikute arvu ja nende täitmise süsteemi üks või teine õpetaja oma õpilaste jaoks kehtestab, see on tingitud mõneti õpetaja maitsest, tema harjumustest ja osalt võimalustestki. Teatud osa mängivad siin ka antud kooli pedagoogilise kollektiivi nõudmised, kogemused ja vaated.

On õpetajaid, kelle õpilased konspekteerivad tema seletusi, lahendavad ülesandeid ja teevad märkmeid laboratoorsete tööde kohta nn. «töövihikusse». See vihik on alati õpilastel tunnis kaasas ja sinna kirjutatakse kõik, mida tunnis üldse kirjutada on vaja. Teine vihik on aga koduse töö jaoks, sinna lahendatakse ainult kodused ülesanded ja harjutused, ta võetakse kooli kaasa ainult siis, kui on antud kodust kirjalikku tööd. Koduste tööde vihikuid on õpetajal võimalus sageli kontrollimiseks õpilastelt ära võtta. Kuni need vihikud on õpetaja käes, ei anna ta koduseks tööks uusi kirjalikke harjutusi. Kui koduseks tööks on eri vihikud, saab enam tähelepanu pöörata nende välimusele ja nõuda nende täitmisel suuremat korda.

Teised õpetajad nõuavad oma kasvandikelt, et neil oleks peale igapäevase töövihiku (kuhu on sisse kantud nii tunnis ülestähendatu kui ka kodus sooritatu) veel vihik, kuhu on kirjutatud raudvara küsimused ja vastused neile.

Kolmandad peavad vajalikuks eri vihiku sisseseadmist praktiliste tööde kirjelduste jaoks. Nii on mõnedes koolides õpilastel koguni neli keemia vihikut: 1) töövihik-konspekt, millesse õpilased kirjutavad lühikese kava või konspekti tunnis õpitust ja teevad mitmesuguseid harjutusi õpetaja juhtimisel, 2) koduste ülesannete vihik,

3) laboratoorsete tööde protokollide vihik ja 4) vihik kontrolltöödeks.

Arvame, et oskusliku ja kohusetundliku õpetaja puhul piisab ka täiesti ühest töövihikust, ent ei taha sellega sugugi väita, et mitme vihiku pidamine oleks ebaotstarbekas. Iga õpetaja peab siin leidma vastavalt oma iseloomule ja töötingimustele kõige sobivama variandi.

Õpetaja peab eeskätt hoolitsema selle eest, et õpilased täidaksid kõiki metoodilisi nõudeid, mis vihikute kohta vastava metoodilise kirja alusel endastmõistetavaks on muutunud. Lisaks sellele tuleks arvestada mitmeid teisi asjaolusid, nagu esteetiline kasvatus ja õpilaste korraarmastuse arendamine.

Töövihiku kõrval peab metoodiline kiri peaaegu obligatoorseks kontrolltööde vihiku olemasolu. Selle nõude täitmisega kaasnevad mõningad pisiraskused. Õpilased võivad kontrolltööde tegemisel kasutada eelnevates töödes kirjapandud valemeid, võrrandeid, harjutusi jm. «ebaseadusliku» abimaterjalina. Õpetajal on kogukaid vihikupakke raske kanda. Tunnikontrollideks ei ole vihikud alati käepärast. Neil põhjustel kiputaksegi sageli loobuma kontrolltööde vihikust. Lubada võiks seda ainult juhul, kui on loodud tingimused lehtedele kirjutatud tööde säilitamiseks, tagatud vigade parandamine ja välditud juhuslike (sageli teiste õppeainete vihikuist väljarebitud) ning korratu välimusega lehtede kasutamine kontrolltöödeks.

Kui õpetajal on võimalus varuda keemia kabinetis üks riiul, kus saab kontrolltööde vihikuid hoida, ja õpilastes kujundatud harjumus, et kohe järgmisel tunnil pärast tööde kättesaamist tuuakse vihikud vigade paranduse kontrollimiseks õpetajale tagasi, tuleks siiski kasutada kontrolltöödeks eri vihikut.

Alates esimesest keemia tunnist peab õpetama vihiku süsteemipärast täitmist. Kõik analoogilised pealkirjad olgu kirjutatud ühesuguse kirjaga või eraldatud mõne muu kokkuleppelise tähistusega (värv, allakriipsutus). Peatüki kava koostamisel tuleks kasutada alati ühesugust numeratsiooni.

Näiteks:

HAPNIK.

1. A v a s t a m i n e.
2. O m a d u s e d:

a) füüsikalised,
b) keemilised.

3. Saamine:
a) laboratooriumis,
b) tööstuses.

4. Leidumine.

5. Tähtsus looduses ja inimese elus.

Ka laboratoorsete tööde protokollimisel on soovitatav kinni pidada mingist kindlast süsteemist (vt. lk. 52).

Õpilaste tööd vihikuga juhendades ja kontrollides tuleks silmas pidada järgmisi nõudeid.

Sissekanded vihikus olgu väga lühikesed. Tuleb taotleda, et nad võimalikult vähe dubleeriksid õpikut. Peatähelepanu olgu pööratud valemitele, võrranditele, joonistele ja skeemidele. Sõnaliselt tuleks fikseerida vaid seda, mida pole teisel viisil võimalik kirja panna. Mida enam õpilaste keemiaalane kirjaoskus kasvab, seda vähemaks muutub sõnaliste ülestähenduste osatähtsus.

Järjekindlalt tuleb õpilasi õpetada plaani koostama. 7. ja 8. klassis on vaja, et õpetaja ka ise plaani korrektselt tahvlile kannab. Kui õpilastele antakse koduseks ülesandeks plaani koostamine (seda on õige teha alles 8. klassis), peaks sedagi eelnevalt klassis juhendama. Paremaid plaane tuleks aga hiljem kogu klassile tutvustada.

Eriti hoolega tuleb jälgida, et vihikutes poleks terminoloogilisi vigu. Kõik oskussõnad, mida õpilased oma vihikutesse kirjutavad, tuleb õpetajal ka tahvlile märkida. Aeg-ajalt, kui õpetaja vihikuid koduste ülesannete kontrolli eesmärgil kogub, tuleb üle vaadata ka klassis konspekteeritu ja juhtida õpilaste tähelepanu seal avastatud vigadele.

Keemia õpetaja on kohustatud jälgima ka õpilaste emakeele oskust ja seda arendama. On rida tüüpilisi vigu, mida õpilased keemia vihikuis teevad: tekkib, reaksioon, konsentratsioon jne. Parandada tuleb aga ka kõik teised õigekeelsuse vead, mida õpetaja märkab. Tavaliselt vahetavad õpetajad sageli oma tähelepanekuid õpilaste oskuste ja teadmiste kohta. Niisama vajalik nagu on keemia õpetajale kontakt samas klassis õpetava bioloogia ja füüsika õpetajaga, on talle ka tähelepanekute vahetamine eesti keele õpetajaga. Viimane peaks olema huvitatud sellest,

milliseid keelevigu õpilased teistes õppeainetes teevad, neid tuleks aeg-ajalt analüüsida.

Ka õpilaste graafilisel väljendusoskusel pole väike tähtsus. Aparaatide ja seadmete skeemid peaks õpilane suutma demonstratsioonide või laboratoorsete tööde ajal kiiresti ning selgesti oma vihikusse kanda. Kõige sobivam kujutamisviis on geomeetriline projektsioon. Ka siin on vajalik eeskuju õpetaja tahvlijoonise näol.

Oskuse lakooniliselt ja otstarbekalt joonistada vajalikku skeemi saavutab iga õpetaja, kui ta seda treenib. Selleks pole sugugi vaja olla kunstnik või hea joonistaja. Samasugust treeningut nõuab tavaliselt ka korraliku tahvlikirja saavutamine. Joonis nr. 4 lk. 28 kujutab mõningaid võtteid tavalisemate esemete joonistamiseks.

Valemite kirjutamisel peab õpetaja ise järjekindlalt tarvitama ainult kirjatehniliselt õigeid ja lubatud tähekujusid ning nende kasutamist ka õpilastelt nõudma. Lubatud pole trükitähtede ega ka ebaõigete kirjatähtede kasutamine, näiteks:

mitte 

vaid 

Õpilase püüdlusi töövihiku täitmisel tuleb hinnata. See ei tohi aga oluliselt mõjutada tema teadmiste hinnet keemias. Tavaliselt pole küll erilist vastuolu õpilase teadmiste ja vihiku korra vahel, kuid siiski mõnel juhul võimekas ja heade teadmistega õpilane võib suhtuda vihiku pidamisse lohakalt ja vastupidi. Õpetaja peab leidma siin teistsuguseid esiletõstmise vorme kui hinde alandamine ja tõstmine. Heaks võtteks on parimate töövihikute väljapanemine keemia kabinetis või selle läheduses asuvas vitriinis.

D. PROGRAMMEERITUD ÕPETAMINE.

Programmeeritud õpetamine erineb traditsioonilisest õppesüsteemist eeskätt õppematerjali omandamisprotsessi ratsionaalse ja individualiseeritud juhtimise poolest. Õppemeetodeist käsitleb ta nii sõnalisi, näitlikke kui ka praktilisi meetodeid, kuid ta pole neid mehhaaniliselt ühendav õppetöö vorm.

Programmõpetamise olemus väljendub põhiliselt järgmistes printsiipides.

1. Õpilastele pakutav teaduslik informatsioon on rangelt loogilisse järjekorda paigutatud. See nõue kehtib muidugi ka traditsioonilise õppeviisi puhul — püüame ju õpetatavat alati esitada süsteemis, seoses varemomandatuga ja loogilise järjekindlusega. Programmeeritud õpetamisel peab süsteem olema detailsem, kvalitatiivselt kõrgemal tasemel. Kogu õppematerjal peab olema jaotatud väikesteks ühikuteks, mis väga range loogilisusega on järjestatud ja üksteisega seotud.

Õpetamisprogrammi alajaotusi — elementaarühikuid e. õpilastele pakutava informatsiooni «portsjoneid» — nimetatakse programmõpet käsitlevas eestikeelses kirjanduses kõige sagedamini d o o s i d e k s e. a n n u s t e k s.

2. Õpilaste tunnetusliku ja praktilise tegevuse juhtimiseks esitatakse õppematerjal neile algoritmilisel kujul. Algoritmiks nimetatakse täpselt formuleeritud lahendamise eeskirja, mille alusel sooritatakse mingi töö või lahendatakse ülesanne.

3. Informatsiooni igale annusele peab järgnema ülesanne või kontrollküsimus, mida täites või millele vastates kinnistab õpilane saadud teadmisi, veendub ise oma teadmiste selguses ja sügavuses (või nende puudumises) ja loob aluse uutele teadmistele üleminekuks. Programmeeritud õpetamise üheks põhinõudeks on, et õppija võib järgmise teadmiste annuse saada alles siis, kui ta andis kontrollküsimusele või -ülesandele õige vastuse.

4. Õpilane peab kohe pärast kontrollülesande täitmist ise teada saama, kas ta vastus oli õige. Avastavad õpilased oma töös vigu või puudusi, suunatakse nad vigade parandamisele või teevad töö uuesti. Vastused kontrollküsimustele antakse sellises vormis, et ka õpetajal on võimalusi nende õigsust kontrollida.

Seega on informatsiooni saamine kahesuunaline:

1) õppija saab uusi teadmisi, 2) nii õpetaja kui ka õpilane saavad teateid õppimisprotsessi edukusest. Kübernetikast ületoodud termineid kasutades nimetatakse informatsiooni saamise esimest teed *otsesideks*, teist *tagasisideks*. *Sisemiseks tagasisideks* nimetame õpilase enda poolt omandatud informatsiooni oma teadmiste õigsuse ja sügavuse kohta, *väliseks tagasisideks* õpetaja tähelepanekuid õppematerjali omandamisest õpilase poolt.

Õppimisprotsessi suunamine ülalmainitud põhimõtete alusel saab toimuda ainult õpetamisprogrammi kaudu. Viimase erinevused nn. õppeprogrammist (aineprogrammist) seisnevad selles, et siin pole programmeeritud «mitte üksnes õppematerjali maht, järjestus ning esitamisvormid, vaid *kogu õppimisprotsessi käik* (materjali ning kontrollküsimuste esitamise etapid, võimalikud reageeringud kontrolli tulemustele jne.). Kui traditsiooniline õppeprogramm sisuliselt kirjutab ette õppejõu tegevuse, usaldades selle detailid õppejõu pedagoogilise meisterlikkuse hooleks, siis programmeeritud õpetamisel programmeeritakse juba õppija tegevus» (*U. Agur*).

Õpetamisprogramm annab õpilastele refereerivat laadi informatsiooni teaduse faktidest ja seaduspärasustest (rakendab sõnalisi õppemeetodeid), sisaldab ühtlasi ka instruktsioone iseseisvateks vaatlusteks, katsetusteks, arvutusteks (suunab seega ka näitlike ja praktiliste meetodite kasutamisele). Kas programmis domineerib teadmiste esitamine valmis kujul või on suurem rõhk pandud sellele, et õpilane programmis antud korraldusi täites ise looks endale tee teadmiste hankimiseks, see sõltub eeskätt õppematerjali iseloomust ja ka õpilaste võimetest ning õpetamise võimalustest. Kus vähegi võimalik, tuleb kindlasti eelistada viimast teed, s. o. suunata õpilased teadmisi omandama «uurimuslikul» viisil, nende enda loova tegevuse kaudu.

Programmõppe üks olulisemaid külgi on sisemise tagasiside võimalikkus — õpilane saab pidevalt kontrollida, kuivõrd edukalt ta teadmised omandas. See on ühtlasi ka üks suuremaid eeliseid võrreldes tavalise õpetamisviisiga, kus sisemine tagasiside on minimaalne. Tagasiside toimub küsimustele vastamise, harjutuste sooritamise või ülesannete lahendamise kaudu.

Trükitud programmides eraldatakse teadmiste annused ja nende juurde kuuluvad kontrollküsimused järgnevast ja eelmisest doosist mingil trükitehnilisel viisil: trükitakse eri lehekülgedele või piiratakse raamiga. Informatsiooniannuseid koos vastavate ülesannetega nimetatakse seepärast sageli ka kaadriteks või raamideks.

Küsimustele ja ülesannetele, mis esitatakse õpilastele tagasiside saamise otstarbel, võivad õpilased anda vastuseid mitmesugusel viisil. Vastus võib olla nii-öelda «suuline», õpilane võib selle lihtsalt endale mõttes esitada. Ta võib olla kirja pandud vihikusse üksiku sõnana, lausena, valemina, võrrandina, joonisena jne. Vastuseks võib olla lünga täitmine, sõnade allakriipsutamine, joonise või graafiku täiendamine programmis antud harjutustes. Vastata võib ka katse sooritamisega. Kõige sagedasem ja üks produktiivsemaid vastuse vorme on üleskirjutus, olgu see siis lünkade täitmine programmis, valemite, võrrandite kirjutamine või ülesannete lahendamine.

Õpilastele peab olema antud võimalus ja kohustus kontrollida antud vastuse õigsust, milles, nagu juba ütlesime, seisnebki sisemine tagasiside. Õpilase töö on kõige edukam sel juhul, kui tal puudub võimalus enne vastuse andmist õige vastus ära näha. Programmeeritud õpikus paigutatakse vastused informatsioonikaadritega võrreldes teistele lehekülgedele või paigutatakse nad läbisegi, nii et nende leidmine enne vastuse andmist oleks raskendatud. Kuid peamiselt tuleb siin loota õpilase teadlikule suhtumisele ja arusaamisele kasutatava õppimisviisi eelistest.

Et tagasiside oleks edukam ja õigete vastuste enneaegne teadasaamine täiesti välditud, on tarvitusele võetud mitmesuguseid lihtsamaid ja keerukamaid tehnilisi abivahendeid. Koolides on laialdaselt kasutusel TRÜ loogika ja psühholoogia kateedri õppejõudude poolt konstrueeritud ja tehases «Estoplast» toodetav perfoplaat. Laiemalt peaks tuntud olema ka kemokaart ja õpperaam.

Perfoplaat on õpetamisseadmena enamikus koolides tõenäoliselt juba kasutusel ja õpperaamgi endale eluõigust võitmas. Keerukamate õpetamismasinate kasutuselevõtmine üldhariduslikes koolides jääb esialgu veel tulevikuperspektiiviks.

Keemia õpetajatele peaks erilist huvi pakkuma kemokaart, kuna ta võimaldab õpetamiseks kasutada kõiki per-

foplaadi jaoks kohandatud õpetamisprogramme, on perfoplaadist mõnevõrra lihtsam ja teda saab klsssivälise tööna keemiaringis valmistada.

Kemokaart kujutab endast tavaliselt kirjutuspaberist kaardikest, millele on trükitud mingi arv lahtreid. Iga lahter vastab teatavale valikvastusele. Õigetele vastustele kodeeritud lahtrid niisutatakse pliinitraadi (või pliiatsetaadi) lahusega. Kirjutamiseks kasutatavale tindile tuleb lisada kaaliumjodiidi lahust. Seega omandab tint tekkiva pliijodiidi tõttu roheka värvuse ja õigetesse lahtritesse kirjutatud vastused on rohelised.

Ka programmõppe puhul on vaja omandatud teadmisi kinnistada. Selleks antakse programmi või selle peatükkide lõpus veel rida analoogilisi ülesandeid ja harjutusi lisaks programmis esinenuile. Ülesannete kõrval võib kinnistamiseks anda ka lihtsalt kontrollküsimusi. Kinnistatavad küsimused võivad olla esitatud mitmes variandis, nii et õpetaja neid saaks kasutada kontrolltööde tegemisel. Neile küsimustele ja ülesannetele programm juba enam vastuseid ei anna. Jääb õpetaja otsustada, kuidas ta kontrolltöö korraldab. Ta võib anda kontrolltöö õpilastele kodus teha (sel puhul täidab see rohkem õpilaste enesekontrolli ülesannet) ja järgmisel tunnil valikuliselt õpilaste töövihikuid läbi vaadata; ta võib vastuseid kontrollida ka suuliselt. Aeg-ajalt korraldab ta nende küsimuste alusel kordava kirjaliku või eksperimentaalset laadi kontrolltöö.

Arvukad katsetused programmeeritud õpetamise valdkonnas on selgitanud, et sellel õpetamisviisil on vaieldamatuid eeliseid võrreldes õppetöö tavaliste vormidega. Ta annab võimaluse õppetöö individualiseerimiseks. Paremates õpetamisprogrammides on nähtud ette mitu erinevat teed samale vastusele jõudmiseks, lihtsamate programmide puhul jääb aga õpilasel alati võimalus valida endale sobiv optimaalne töötempo. See tööviis kindlustab paremini kui ükski teine õppetöö vorm (välja arvatud individuaalne konsultatsioon ehk nn. järeleaitamistund) nii sisemise kui välise tagasiside. Maksimumini on viidud õpilaste iseseisev töö.

Eespool öelduga ei taheta väita, et programmeeritud õpetamine oleks midagi täiesti printsipiaalselt uut ja ta teisi õppeviise täielikult välja tõrjuma hakkaks. Didaktikas oluliseks peetud ja eesrindlike pedagoogide poolt aus hoi-

tud printsiibid — õppematerjali loogiline ja süstemaatiline esitus, tihe kontroll, õpilase teadlik suhtumine omandatavasse jne. — on siin vaid uuele kõrgusele tõstetud. Eespool nimetatud eeliste — õppimisse teadliku suhtumise kujundamine õpilastel, õppetöö diferentseerimine jne. — kõrval on programmõpe oluline ka õpetaja seisukohalt. Õpilased õpivad nüüd tunnis õpetaja silma all ja õpetajal on otsekohe võimalus veenduda õpilaste võimete ja püüdlikkuse erinevustes. Selgub, et mõnigi õpilane, keda õpetaja oli senini laisaks pidanud, kannatab lihtsalt kontsentratsioonivõime puuduse all, teine aga, keda seni andekaks peeti, näitab, et ta oma head hinded üksnes visa pikaajalise tööga saavutab.

Programmõpetamine peab juba lähemal ajal omandama traditsiooniliste õpetamisviiside kõrval endale eluõiguse. Et see saaks toimuda, peaksid õpetajate käsutuses olema nii programmõpikud kui ka lihtsamad tehnilised õppeseadmed. Väga vajalikud on ka trükitud töövihikud ning tekstid. Seda kiiremini jõuame esimeste programmõpikuteni ja töövahenditeni, mida enam õpetajad neid igapäevase koolitöö käigus ise loovad ja katsetavad.

Kirjeldame allpool üht katset õpetada 7. klassis teemat «Lahused» lihtsa õpetamisprogrammi alusel.

Esimesel tunnil selgitab õpetaja, et teadmiste omandamisel on isesisev mõttetöö ainukeseks teeks, mis tagab püsivad ja sügavad teadmised, et tuleb kasutada kõiki võimalusi selliseks iseseisvaks tööks. Üks võimalusi mõtlemisvõime treenimiseks ongi õppetöö õpetamisprogrammi alusel.

Kui õpilased varem programmõppega tegelnud pole, antakse neile ka vajalikud instruktsioonid programmi kasutamiseks. Seda võib teha järgmiste korralduste näol: «Loe tähelepanelikult üks kaader läbi. Koosta mõttes vastus selles kaadris esitatud küsimustele. Mõtle, kuidas pealkirjastaksid läbiloetud küsimuse ja vastuse. Kirjuta töövihikusse selle kaadri pealkiri ja lühike vastus. Kontrolli programmist, kas sinu vastus oli õige. Kui sa ei saanud õigel vastust, loe kaader ja selle vastus veel kord läbi ning tee töövihikus vastavad parandused ja täiendused. Alles siis mine järgmise kaadri juurde.»

Töövihikutesse kirjutatakse pealkiri «Lahused» ja esimese alateema pealkiri «Ainete lahustumine vees». Õpila-

sed asuvad tööle neile varem kättejaotatud programmide alusel.

Esitame eespool nimetatud programmi informatsioonikaadrid numbritega 1, 2, 3 jne. ning vastused numbritega 1a, 2a, 3a jne. Nad võivad olla programmi seatud ka läbisegi, et mitte võimaldada vastuse liiga kiiret teadasaamist õpilaste poolt. Sel juhul olgu kaadrid nummerdatud paigutuse järjekorras ja iga kaadri lõpul peab olema suunav märkus, millises järjekorras tööd jätkata. Teadlikumalt käituvate õpilaste puhul (kellele programmeeritud õppimine enam eriliseks uudiseks ei ole) piisab ka sellest, kui informatsioonikaadrid on paigutatud ühele ja vastused teisele lehele.

Ainete lahustumine vees.

1. Oleme õppinud ja eluski tähele pannud, et looduslik vesi sisaldab alati selliseid lisandeid, mida otsese vaatluse teel ei ole võimalik kindlaks määrata, mille olemasolu aga ometi märkame. Merevesi on maitselt soolane. Kaevuvee keetmisel tekib teekannu või kastruli põhja valge kiht — nn. katlakivi.

   Millisest vee omadusest on see tingitud?

---

2. Looduslikus vees on sageli ka lahustumatute ainete väikesi osakesi, mistõttu vesi on hägune (või nagu rahvas ütleb — sogane). Jõgede ja ojade vees hõljub sageli saviosakesi. Järvede vees võib näha kõdunenud organismide jäänuseid.

   Rahvas nimetab ekslikult selliseid segusid ka lahusteks. Nende teaduslik nimetus on aga suspensioonid. Aineosakesi, mis hõljuvad suspensioonis, võib näha palja silmaga või mikroskoobis.

   Mis on suspensioon?

---

3. Tõeline lahus on seevastu alati selge ning läbipaistev; lahustunud aine olemasolu selles pole võimalik määrata silmaga ega tavalise mikroskoobiga, sest aine on seal pihustunud väikesteks osadeks — molekulideks või nende osadeks.

   Lahustunud aine olemasolu määramiseks saab kasu-

tada kaudseid viise — maitsmist, aurustamist, keemilisi reaktsioone. Iseloomusta tõelist lahust.

4. Lahus tekib järgmiselt. Korrapäratult liikuvad vee molekulid põrkavad kokku lahustatava aine pinnal olevate molekulidega, viies nad endaga kaasa.
Mida tuleb pidada lahustumise põhjuseks?

5. Tahke aine pinnalt eraldunud molekulid liiguvad vee molekulide vahele ja segunevad nendega.
Kuidas nimetatakse ühe aine molekulide tungimist teise aine molekulide vahele?

6. Et lahustumist kiirendada, soojendatakse ja segatakse lahusti ja lahustatava aine segu. Mõnikord asetatakse lahustatav aine lahustisse erilisel sõelal (vt. õpiku joonist nr. 79 *). Lahustumine toimub kiiremini ka siis, kui lahustatav aine on hästi peenestatud.
Miks kiirendavad kirjeldatud võtted lahustumist?

1a. Vesi on väga hea lahusti. Vees võib lahustada paljusid aineid.

2a. Suspensioon on hägune vedelik, milles hõljuvaid tahke aine osakesi on näha palja silma või mikroskoobiga.

3a. Tõelises lahuses on tahke aine pihustunud nii väikesteks osakesteks, et neid pole näha mikroskoobiga; aine on pihustunud molekulideks või molekulist väiksemateks aatomite rühmadeks.

4a. Lahustumise põhjuseks on molekulide liikumine.

5a. Ühe aine molekulide tungimist teise aine molekulide vahele nimetatakse difusiooniks.

* Siin ja edaspidi on viidatud 7 kl. õpiku 1965. a. väljaandele.

6a. Kirjeldatud võtted (soojendamine, segamine) kiirendavad molekulide liikumist ja soodustavad lahusti ning lahustatava aine molekulide kokkupuutumist.

Kordamisküsimused.

1. Milliseid lisandeid sisaldab looduslik vesi? Kuidas saame teada nende olemasolust?
2. Mille poolest erinevad tõelised lahused suspensioonidest?
3. Kuidas seletada lahustumist molekulaarteooria alusel?
4. Kuidas saab kiirendada lahustumist?

Esimeses tunnis antakse õpilastele võrdlemisi vähe uusi teadmisi, arvestades seda, et neil jääks küllalt aega uue õppimisviisiga kohanemiseks. Kui enamik õpilasi lõpetab töö enne tunni lõppu, võib õpetaja korraldada veel suulise vestluse kordamisküsimuste alusel.

Teine tund algab lühikese kontrolltööga (tunnikontrolliga), milles üks rühm õpilasi vastab 1. ja 3., teine rühm 2. ja 4. küsimusele.

Tahvlil on pealkiri «Lahustuvus», õpilaslaudadele välja jagatud keedusool, kustutatud lubi, 2 katseklaasi, klaasplaadike, põleti, vesi ja labidakene ainete tõstmiseks. Iga õpilase jaoks on valmis pandud ka õpetamisprogramm. Juba enne tunnikontrolli alustamist teatab õpetaja, et need õpilased, kes on kontrolltöö lõpetanud, võivad kohe alustada õppimist programmi alusel.

Lahustuvus.

1. Vala kahte katseklaasi kummassegi võrdne hulk vett ($^1/_3$ klaasi mahust). Lisa ühte väga väikeste koguste kaupa (mitte rohkem kui nööpnõelapea-suurused kogused) lupja, loksuta katseklaasi ja jälgi lahustumist. Lisa lahustatavat ainet seni, kuni see enam ei lahustu. Teises katseklaasis lahusta keedusoola (kogused võivad suuremad olla, umbes hernetera-suurused).

Lase lahustumatu jääk settida katseklaasi põhja, võta mõlemast katseklaasist tilgake selget lahust, aseta klaasplaadile ja aurusta ettevaatlikult (liiga järsul kuumutamisel võib klaas puruneda).

Mida järeldasid katsest?

2. Katses lisasime mõlemasse katseklaasi ainet senikaua, kuni antud lahuses ei olnud enam võimalik sama ainet lahustada. Sellisel juhul ütleme, et lahus on küllastunud.

Kuni lahuses saab veel ainet lahustada, on lahus küllastumata.

Kirjuta töövihikusse definitsioonid küllastunud ja küllastumata lahuste kohta.

3. Küllastumata lahust võib muuta küllastunuks ja vastupidi.
Kuidas seda teha?

4. Katsest nägime, et lubja lahuse küllastamiseks oli vaja väga väike hulk lupja, keedusoola kulus aga lahuse küllastamiseks kümneid kordi enam. Tähendab, ainete lahustuvus on erinev. Et ainete lahustuvust täpselt võrrelda, selleks määratakse aine hulk grammides, mis antud temperatuuril lahustub 100 grammis lahustis.

Kuidas on võimalik lahustuvust võrrelda?

5. Aine lahustuvus on 60, kui 100 g vees ei saa antud tingimustel lahustada rohkem kui 60 g nimetatud ainet. Me ütleme, et aine lahustuvus on 125, kui 100 g vees on võimalik teatud tingimustel lahustada kõige enam 125 g seda ainet.

Defineeri lahustuvust.

6. Arvuta aine lahustuvus, kui
a) 40 grammis vees lahustub 24 g ainet,
b) 200 grammis vees lahustub 46 g ainet,
c) 1 kilogrammis vees lahustub 400 g ainet.

7. Arvuta aine lahustuvus, kui
a) 70 grammis lahuses on 20 g lahustunud ainet,
b) 340 grammis lahuses on 140 g lahustunud ainet.

8. On määratud erinevate ainete lahustuvus teatud temperatuuridel ja koostatud selle kohta graafikud. Selle abil on hõlpus teada saada aine lahustuvust mistahes temperatuuril.
Üht sellist graafikut näed oma õpikus lk. 98.
Uuri seda graafikut ja lahenda järgmised ülesanded.
a) Mitu grammi vasksulfaati lahustub 20° C juures 100 g vees?
b) Kui suur on maarjase lahustuvus 75° C puhul?
c) Leia 200 g vees lahustuv keedusoola hulk 90° C juures.
d) Milline on temperatuur, kui kaaliumjodiidi lahustuvus on 135 g?
e) Millisel temperatuuril on 100 g vees võimalik lahustada 55 g kaaliumnitraati?

1a. Samades tingimustes lahustub üks aine paremini kui teine.

2a. Küllastunud lahus on selline lahus, milles antud tingimustel sama ainet enam ei lahustu.
Küllastumata lahus on selline lahus, milles antud tingimustel võib veel sama ainet lahustuda.

3a. Küllastumata lahust saab küllastada, kui talle lisada lahustuvat ainet või aurustada lahustit.
Küllastunud lahust võib muuta küllastumatuks, kui talle lisada lahustit.

4a. Lahustuvuse võrdlemiseks määratakse kindlaks, kui palju mingit ainet lahustub 100 g vees.

5a. Lahustuvuseks nimetatakse antud aine suurimat hulka (grammides), mis lahustub antud tingimustel 100 g lahustis.

6a. a) 60 g;
b) 23 g;
c) 40 g.
Kui said teistsugused vastused, kontrolli 6 b.

7a. a) 40 g;
b) 70 g.
Kui ei saanud õigeid vastuseid, kontrolli 7b.

8a. a) 20 g; d) 10°;
b) 105 g; e) 35°.
c) 80 g;
Kui ei saanud õigeid vastuseid, kontrolli 8b.

6b. a) Kui 40 g vees lahustati 24 g ainet,
siis 100 g vees lahustati x g ainet.

Sellest võrre $40 : 100 = 24 : x$ ja $x = \frac{100 \cdot 24}{40} =$

$= 60$ (g).

Vastus: lahustuvus on 60 g.

b) Kui 200 g vees lahustati 46 g ainet,
siis 100 g vees lahustati 23 g ainet.
(Saab ju peast arvutada, et kaks korda väiksemas lahusti hulgas on kaks korda vähem lahustunud ainet.)

c) 1 kg = 1000 g.
Kui 1000 g vees lahustati 400 g ainet,
siis 100 g vees lahustati 40 g ainet.

7b. a) Ülesandes on antud lahuse hulk ja meil tuleb kõigepealt arvutada vee hulk: 70 g lahust —20 g lahustunud ainet = 50 g (vett).
Kui 50 g vees lahustati 20 g ainet,
siis 100 g vees lahustati 40 g ainet.

b) Kõigepealt tuleb leida lahuse hulk:
340 g lahust — 140 g lahustunud ainet = 200 g lahustit (vett).
Kui 200 g vees lahustati 140 g ainet,
siis 100 g vees lahustati 70 g ainet.

8b. a) Graafiku horisontaalteljel leia 20° tähistav punkt ja jälgi sellest lähtuvat püstjoont, kui see lõikub joonega, millele on kirjutatud «vasksulfaat», lõikumispunktist tõmba joon vasakule ja leia selle ristumispunkt vertikaalteljega. Seal ongi lahustuvust näitav arv (20).

b) 75° tähistava punkti leiad horisontaalteljel 70° ja 80° märkivate punktide vahelt. Sellest punktist tõmmatud vertikaalsirge lõikub jällegi maarjase lahustumist tähistava joonega. Nende kahe joone lõikumispunktist vasakule liikudes saad vertikaalteljel 100 ja 110 vahel oleva punkti — see näitabki 105 g.

c) 90° juures lahustub 100 g vees 40 g keedusoola — selle leiad graafikust nagu eelmiste ülesannete puhul. 200 g vees lahustub kaks korda rohkem, s. o. 80 g soola.

d) ja e) on ülesanded, mille lahendamine kulgeb vastupidi: vaatad vertikaalteljel lahustunud aine hulga ja leiad horisontaalteljel sellele vastava temperatuuri.

Ülesanded koduseks tööks.

1. Kaaliumnitraadi lahustuvus on 45 g. Seleta, mida see tähendab. Leia graafikust, millise temperatuuri juures on kaaliumnitraadil selline lahustuvus. Kui palju kaaliumnitraati võib samal temperatuuril lahustada 300 g vees?
2. 280 g küllastunud lahuse täielikul aurustamisel saadi 80 g soola. Milline oli soola lahustuvus?

Kolmas tund on määratud ülesannete lahendamisoskuse süvendamiseks. Tunni algul toimub lühike vestlus.

1) Kirjelda eelmisel tunnil tehtud katset.
2) Mida järeldame sellest katsest?
3) Kuidas nimetatakse lahust, milles antud tingimustel ei saa enam lahustada sama ainet?
4) Millist lahust nimetatakse küllastumatuks?
5) Mida nimetame lahustuvuseks?
6) Leia tabelist kaaliumjodiidi lahustuvus, kui temperatuur on: 40°, 55°, 20°, 60° ...
7) Keedusoola lahustuvus on 10° juures 36 g. Mida see tähendab?
Kui palju keedusoola võib lahustada samal tempetuuril: 50 g vees, 400 g vees, 1 liitris vees ...?

Kui õpetaja on veendunud, et õpilastele sedalaadi kergete harjutuste sooritamine on täiesti jõukohane, võib üle minna raskematele ülesannetele. Seda tehakse juba kirjalikult tahvlil ja vihikuis. Näiteks:

a) 74 g küllastunud lahuse täielikul aurustamisel saadi 24 g soola.
Milline oli soola lahustuvus antud temperatuuril?
b) Aine lahutuvus on 40 g. Kui palju seda ainet võib saada 560-st grammist lahusest?

Taolisi ülesandeid õpikust antakse lahendada koduseks tööks.

Neljanda tunni teema on «Lahustuvuse sõltuvus tingimustest».

Tund algab demonstratsioonikatsega. Õpetaja valmistab ammoniaaki ja korraldab sellega tavalise purskkaevukatse. Ammoniaagi kogumine võtab veidi aega, õpetaja kasutab seda võõraste sõnade «ammoniaak», «salmiaak» ja «naatriumhüdroksiid» tutvustamiseks, vestleb õpilastega, selgitades, kas mõni neist on nimetatud ainetega juba tuttav.

Seejärel jutustab õpetaja ühest katsest, mida keemiaringi õpilased kunagi varem tegid. Nad valmistasid kaaliumnitraadi küllastunud lahuseid erinevail temperatuuridel (40°, 60°, 80° ja 100° juures) ning jätsid need lahused siis jahtuma. Nüüd on need lahused kõik ühesuguse temperatuuri juures ja õpetaja asetab need demonstratsioonilauale samas järjestuses, nagu ta tahvlile kirjutas temperatuure tähistavad arvud.

Õpilaste iseseisev töö toimub seekord järgmise programmi alusel.

---

1. Tähelepanekud igapäevasest elust ja keemia tundidest ütlevad meile, et ainete hulgas on paremini ja halvemini lahustuvaid aineid, kuid leidub ka selliseid, mis nagu üldse ei lahustuks.

   Teadlased on kindlaks teinud, et täiesti lahustumatuid aineid ei ole, iga aine lahustub kas või väga vähesel määral vees. Selliseid aineid, mis lahustuvad tühisel, peaaegu märkamatul hulgal, nimetatakse praktiliselt lahustumatuiks aineiks.

   Nimeta mõningaid a) hästi lahustuvaid,
   b) halvasti lahustuvaid,
   c) praktiliselt lahustumatuid aineid.

---

2. Õppides ainete lahustuvust rõhutasime, et lahustuvuseks nimetatakse 100 g lahustis lahustuvat aine hulka antud tingimustes.
Oled sa elus tähele pannud, millistest tingimustest lahustuvus sõltub ja kuidas? Vaata graafikut õpikus joon. 80. Meenuta keemia ringi õpilaste tehtud katset, millest õpetaja täna jutustas.

3. Võrdle eelmist graafikut joonisega 81. Millise järelduse teed sellest?

4. Kui laboratoorse töö ajal hapnikku valmistasime, kogusime teda vee väljatõrjumise teel. Mida saab järeldada sellest katsest hapniku lahustuvuse kohta?

5. Tuleta meelde, mida tead veel gaaside lahustuvusest, meenutades bioloogia, koduloo ja keemia tundides õpitut.

6. Meenuta tänase tunni algul tehtud katset. Mida järeldad sellest?

7. Kui jätad klaasi kaevu- või kraaniveega tuppa seisma, kattub klaasi sisepind gaasimullikestega. Millest on see tingitud?

8. Kui võtad limonaadipudelilt korgi, eraldub sealt kihisedes gaasi. Millega seda seletada?

1a. a) suhkur, keedusool, kaaliumnitraat, sooda, äädikas, piiritus jne.;
b) lubi, kips jne.;
c) klaas, kriit, hõbe, õli, rasv, petrooleum, bensiin jne.

2a. Ainete lahustuvus sõltub temperatuurist. Enamiku ainete lahustuvus suureneb temperatuuri tõusuga.

3a. On mõningaid aineid, mille lahustuvus temperatuuri tõusuga väheneb, näiteks lubi.

4a. Hapnik ei lahustu vees hästi.

5a. Looduslikus vees on lahustunud õhus leiduvat hapnikku, seda kasutavad vees elavad organismid hingamiseks. Vesinik lahustub vees halvasti. Mineraalvees ja limonaadis on lahustunud süsihappegaasi.

6a. Ammoniaak lahustub vees väga hästi. Kogu kolvis olnud ammoniaak lahustus mõnes tilgas vees, mille me kolbi juhtisime puhumise teel. Kolvis tekkis hõrendus ja kolbi purskus vett.

7a. Gaaside lahustuvus väheneb temperatuuri tõustes, vees lahustunud õhk eraldub sealt vee soojenedes mullikestena.

8a. Gaaside lahustuvus suureneb, kui suurendada rõhku. Limonaaditööstuses lahustatakse süsihappegaas limonaadis rõhu suurendamise teel. Korgi avamisel rõhk pudelis väheneb ja koos sellega väheneb ka gaasi lahustuvus.

Selles tunnis jõuab korraldada ka kirjaliku töö ülesannete lahendamisoskuse kontrollimiseks.

Viienda ja kuuenda tunni vältel toimub teema «Lahuste kontsentratsioon» õppimine allpool toodud programmi järgi.

1. Olenevalt aine lahustuvusest, tingimustest ja lahust valmistava inimese soovist võib lahus sisaldada lahustunud ainet rohkem või vähem.
   Too selle kohta mõned näited.

2. Seda, kui palju lahustatud ainet mingis kindlas lahuse hulgas sisaldub, nimetatakse igapäevases elus lahuse kanguseks, teaduses aga kontsentratsiooniks.
   Defineeri kontsentratsiooni.

3. Kontsentratsiooni väljendamise viise on mitmeid.
Kõige lihtsam on kontsentratsiooni väljendada lahustunud aine ja lahusti suhte alusel.
Näiteks tähendab «väävelhape 1 : 5» sellist kontsentratsiooni, kus 1 osa väävelhapet on lahustatud 5 osas vees.
Mida ütleb väljend «äädikhape 1 : 10»?

4. Kõige sagedamini väljendatakse kontsentratsiooni protsentides. Tuleta meelde 6. klassi matemaatika kursusest, mis on protsent.

5. Lahuse protsendiline kontsentratsioon näitab, mitu grammi lahustunud ainet sisaldub 100 grammis lahuses.
Kui palju lahustunud ainet on 100 grammis
a) 5-protsendilises,
b) 10-protsendilises,
c) 48,5-protsendilises lahuses?

6. Et lahuse protsendilist kontsentratsiooni leida, tuleb toimida samuti, nagu toimisid 6. klassis mistahes suhte väljendamisel protsentides. Leia kõigepealt lahustunud aine ja lahuse hulkade suhe, saadud murdu aga korruta arvuga 100.
Arvuta lahuse protsendiline kontsentratsioon, kui 200 g lahuses on 16 g suhkrut.

7. Leia lahuse protsendiline kontsentratsioon, kui a) 170 g lahuses on 34 g soola, b) 250 g lahuses on 10 g naatriumhüdroksiidi, c) 1 kg lahuses on 45 g oblikhapet.

8. Lahuse valmistamisel peame teadma, kui palju on tarvis võtta nii lahustatavat ainet kui ka lahustit (vett). Ei tohi unustada, et lahuse hulga saame, kui lahusti ja lahustunud aine hulgad liidame.
Millise kontsentratsiooniga lahuse saaksid, kui lahustaksid 120 grammis vees 30 grammi soola?

9. Arvuta lahuse protsendiline kontsentratsioon, kui lahus on saadud 285 g vee ja 15 g kaaliumjodiidi segamisel.

10. Et teada saada, millise kaalulise osa moodustab antud lahustunud aine hulk lahuse hulgast, toimime jälle nagu 6. klassis: teisendame % murruks ja korrutame antud ainehulga selle murruga.
Mitu grammi soola ja vett on tarvis 60 g 15%-lise lahuse saamiseks?

11. Kui palju vett ja lahustatavat ainet võtaksid, et valmistada
a) 400 g 18-protsendilist lahust,
b) 80 g 3,2-protsendilist lahust,
c) 2 kg 17-protsendilist lahust?

12. Ka kogu lahuse hulka võib arvutada, kui on teada lahuse kontsentratsioon ja lahustunud aine hulk. Selleks, nagu matemaatikast teada, tuleb osa (see on lahustunud aine hulk) jagada murruga, mille oled saanud protsendi teisendamisest.
Kui palju tuleb võtta äädikhappe 3%-list lahust, et temas oleks 6 g äädikhapet?

13. a) Kui suures koguses 4%-lise väävelhappe lahuses sisaldub 16 g väävelhapet?
b) Kui palju tuleks võtta glükoosi 20%-list lahust, et selles sisalduks 160 g glükoosi?

14. Elus tuleb lahuseid sagedasti omavahel segada või veega lahjendada. Peame oskama arvutada ka segamisel saadud lahuste kontsentratsiooni. Sel juhul tuleks kõigepealt summeerida (liita) segatud lahuste hulgad ja lahustunud ainete hulgad, siis arvutada kontsentratsioon tavalisel viisil.
Segati 120 g 20%-list lahust ja 80 g 2%-list lahust. Milline on saadud lahuse kontsentratsioon?

15. Milline on lahuse kontsentratsioon, kui lahus on saadud a) 40 g 8%-lise lahuse ja 60 g vee segamisel, b) 40 g 20%-lise ja 20 g 40%-lise lahuse segamisel?

1a. Keedusoola kulus küllastunud lahuse valmistamiseks palju, lubja küllastunud lahuses sisaldus aga lupja üsna vähe.

Kuumas teevees võib lahustada väga palju suhkrut, külmas vees õnnestub sama ainet lahustada märksa vähem.

Kaevuvees on lahustunud gaasi (hapnikku) vähe, limonaadis aga (süsihappegaasi) palju.

Kurkide soolamiseks pannakse vette vähem soola kui liha soolvette.

2a. Lahustunud aine hulka teatavas lahuse koguses nimetatakse kontsentratsiooniks.

Kontsentratsioon näitab, kui palju lahustunud ainet on teatavas lahuse hulgas.

3a. See väljendab äädikhappe kontsentratsiooni, kui 1 osa äädikhapet on lahustatud 10 osas vees.

4a. $1\% = 0{,}01 = \frac{1}{100}$

5a. a) 5 g,
b) 10 g,
c) 48,5 g.

6a. 8%.
Kui said teise vastuse, vt. kaader 6b.

7a. a) 20%, b) 4%, c) 4,5%.
Kui eksisid, arvuta uuesti. Arvutamisvõte sama mis 6b.

8a. 20%.
Kui vaja, kontrolli 8b.

9a. 5%.
Kui ei saanud sama vastust, lahenda ülesanne veel kord. Lahendamisvõte sama mis 86.

10a. 9 g soola ja 51 g vett. Kontrolli kaadril 10b.

11a. a) 72 g, b) 2,56 g, c) 340 g.
Kui lahendasid valesti, püüa ise leida viga. Arvutusvõte sama mis 10b.

12a. Tuleb võtta 200 g lahust. Kontroll kaardil 12b.

13a. a) 400 g, b) 800 g.
Teistsuguse vastuse korral leia viga ise. Võrdle 12b.

14a. Saadud lahuse kontsentratsioon on 12,8%. Seletus kaadril 14b.

15a. a) 3,2% b) 26,6%.
Kui ei saanud õiget vastust, kontrolli kaadril 15b.

6b. Lahustunud aine hulga ja lahuse hulga suhe on

$$\frac{16}{200} = \frac{8}{100} = 0{,}08.$$

Saadud murru väljendame protsentides $0{,}08 = 8\%$.

8b. Lahuse hulk on 120 g vett $+ 30$ g soola $= 150$ g lahust.

Lahustunud aine ja lahuse hulkade suhe on $\frac{30}{150} = 0{,}2$.

Lahuse protsendiline kontsentratsioon on:

$$0{,}2 = 20\%.$$

10b. Teisendame % murruks: $15\% = 0{,}15$.
Korrutame lahustunud aine hulga saadud murruga:

$$60 \cdot 0{,}15 = 9 \text{ g soola.}$$

Leiame vajaliku vee hulga: 60 g lahust — 9 g soola = 51 g vett.

12b. Teisendame % murruks: 3% = 0,03.
Leiame kogu lahuse hulga: 6 : 0,03 = 200 g ehk

$$\frac{6 \cdot 100}{3} = 200 \text{ g.}$$

14b. Esimeses lahuses on lahustunud ainet $0{,}2 \cdot 120 = 24$ g.
Teises lahuses on lahustunud ainet $0{,}02 \cdot 80 = 1{,}6$ g.
Kokku on lahustunud ainet $24 + 1{,}6 = 25{,}6$ g.
Lahust on kokku $120 + 80 = 200$ g.
Saadud lahuse kontsentratsioon:

$$\frac{25{,}6}{200} = 0{,}128 = 12{,}8\%$$

15b. a) Lahuse hulk: 40g + 60g = 100 g.
Lahustunud aine hulk: $40 \cdot 0{,}08 = 3{,}2$ g
3,2 g lahustunud ainet moodustab 100 g lahusest 3,2%.

b) Lahuse hulk: 40 g + 20 g = 60 g.
Lahustunud ainet esimeses lahuses on $40 \cdot 0{,}2 = 8$ g.
Lahustunud ainet teises lahuses on: $20 \cdot 0{,}2 = 8$ g.
Lahustunud ainet kokku on 16 g.
Kontsentratsioon: $\frac{16 \cdot 100}{60} = 26{,}6\%$.

Programmi lõppu võib lisada veel ülesandeid kinnistamiseks ja harjutamiseks.

Koduseks tööks antakse mõlemal tunnil 4—5 ülesannet õpikust.

Seitsmendal tunnil saab teha laboratoorse töö ja kontrolltöö või need kaks ühendada. Õpikus antud juhendi järgi valmistavad õpilased antud kontsentratsiooniga lahuse ja kannavad vihikuisse tehtud töö protokolli. Iga õpilane saab aga lisaks veel individuaalse ülesandena

teha mõned arvutused protsendilise kontsentratsiooni kohta. Ülesanded lahendatakse samasse vihikusse. Õpetaja kontrollib ja hindab nii laboratoorse töö protokolli kui ka ülesannete lahendusi.

Tundideks, kus toimub programmeeritud õpetamine, peab klassiruum olema eriti hoolikalt ette valmistatud. Kõik vajalik, alates programmist ja perfoplaadist või kemokaardist ning lõpetades jaotusmaterjaliga, olgu juba aegsasti õpilaslaudadel. Demonstratsioonikatseid näitab õpetaja kohe tunni algul, sest õpilased töötavad erinevas tempos ja tunni keskel pole õige nende tööd katkestada. Pärast katse lõppu jätab õpetaja aga katseseadeldise demonstratsioonilauale või tõmbekappi nähtavale kohale ja võimalikult nii, et katse tulemus õpilastel ka tunni jooksul meeles püsiks.

Kui õpilased iseseisvalt töötavad, liigub õpetaja klassis ringi, jälgib nende tööd ja sissekirjutisi vihikus, vastab küsimustele. Täielikult ei tohiks keelata ka õpilaste omavahelist mõtetevahetamist, tuleb ainult jälgida, et see püsiks normaalsetes piirides. S. Šapovalenko koguni soovitab õpilased paigutada pinkidesse selliselt, et parem õpilane oleks pinginaabriks nõrgemale õpilasele.

Programmõpe kestku esialgu, kui õpilased sellise töötamisviisiga veel harjunud pole, umbes 30—35 minutit. Ülejäänud aeg tuleks kulutada kollektiivsele tööle — vestlus selle üle, kuidas õpilased aine omandasid, täiendav harjutamine, suuline kontroll või lühike kirjalik töö.

Programmeeritud õpetamisel saab edu olla vaid siis, kui õpetaja ja õpilased peavad silmas alljärgnevat.

1. Iga õpilane töötab iseseisvalt ja ainult vajaduse korral pöördub kaasõpilase või õpetaja poole.
2. Järgmise annuse juurde minnakse üle siis, kui eelmine on selge.
3. Kui vastus küsimusele jääb arusaamatuks või raskesti arusaadavaks, tuleb õpilasel pöörduda tagasi eelmise kaadri juurde.
4. Sissekanded töövihikusse olgu täpsed ja korralikud, neisse ei tohi jätta vigu ega lünki.
5. Katsed ja vaatlused tuleb teha täpselt antud instruktsiooni alusel.

Neid reegleid tuleb õpilastele meenutada võimalikult sagedasti, mitte ainult siis, kui programmeeritud õpetamist alustatakse.

Programmõppes ei saavutata alati soovitud edu ja selles kiputakse süüdistama kogu õpetamisviisi ennast. Tuleks silmas pidada siiski kaht asjaolu. Viga võib olla programmis. Loomulikult kulgeb õppimine halva programmi järgi madalamate tulemustega kui hea tavalise õpiku või tavaliste meetodite meisterliku rakendamise korral. Viga võib olla ka õpilastes. Laiskurit, haiget või oma arengus mingil põhjusel väga mahajäänud last ei tee ka parim programm iseenesest targaks.

II. TEADMISTE KINNISTAMISEST JA KORDAMISEST.

Keemia õpetaja peab tagama, et tema õpilaste teadmised kaasaegse keemia alustest oleksid püsivad. Taoliste teadmiste saavutamine sõltub eelkõige õpetamise süsteemist, kõikidest õppeprotsessi lülidest, mitte ainult õpetamise algstaadiumist. On ilmnenud, et paljud õpetajad, kes väga hästi, selgelt ja loogiliselt esitavad uut õppematerjali, ei saavuta vajalikke tulemusi, kuna nad pööravad vähe tähelepanu kinnistamisele, kordamisele ja harjutamisele.

Õppematerjali kinnistamisel ja kordamisel tehakse sagedamini järgmisi vigu:

a) kinnistamiseks kasutatakse ainult tunnis selgitatud või õpikust loetud materjali mehhaanilist kordamist, ümberjutustust;

b) korratakse süstemaatilisemalt ainult tunni, teema, õppeveerandi või õppeaasta lõpul;

c) piirdutakse ainult üksikute kordamise momentidega.

Enam kogenud õpetajad lähtuvad kinnistamisel ja kordamisel seisukohast, et *uue aine õppimine on samal ajal varem õpitud materjali kinnistamine ja kordamine.*

Nii toimides realiseeritakse põhimõte, millele viitas juba K. Ušinski: «Parimad õpetajad, paistab, nagu ei teekski muud, kui kordavad, ent seejuures lähevad kiiresti edasi».

Eespool märgitust lähtudes peab iga õpetaja keemia kursuse algul endale selgeks tegema, missuguseid mõisteid ja missuguse põhjalikkusega tuleb õpilastelt nõuda igal õppeaastal. On tarvis meeles pidada, et iga keemilise mõiste kujunemine on protsess, mis koosneb tervest reast üksteisele järgnevatest ning üksteisega orgaaniliselt seotud tunnetamise etappidest, ja et üleminek igale järgnevale, selle mõiste kujunemise enam kõrgemale astmele saab toimuda ainult eelmise tunnetusastme tugeval baasil.

Seega ei saa kordamist pidada ainult varemõpitu formaalseks ülevaatuseks, vaid õppematerjali kordamisel tuleb õpilastele varem tuntud mõisted tõsta uuele, kõrgemale tasemele, näidata nende uusi külgi ja seoseid.

Mõningaid mõisteid ja fakte omandavad õpilased õppimise käigus stabiilselt, lõplikena. Sellisteks on näiteks liit- ja lihtainete mõiste, lahuste kontsentratsiooni definitsioon, elementide nimetused, aatommassid, füüsikalised konstandid jne. Selliste mõistete omandamine saavutatakse tõepoolest lihtsalt sagedase kordamise teel, kusjuures kordamine võib toimuda ka loogilise seoseta uue õppematerjaliga. Enamikul juhtudel aga varem õpitud mõisted muutuvad ja täienevad edasise õppetöö käigus, ettekujutused seaduspärasustest, ainetest ja nende omadustest kujunevad õppimise käigus üha täpsemateks, üha põhjalikumateks. Nii näiteks vesiniku keemilisi omadusi hakkavad õpilased tundma õppima juba 7. klassis (reageerimine hapnikuga), neid teadmisi aga süvendatakse teiste elementide käsitlemisel 8., 9. ja 10. klassis. Ka valentsi mõiste formeerub algul molekulaar-atomistliku teooria valgusel, hiljem aga elektronilise teooria alusel. Teadmiste süvendamise väga mitmetest moodustest vaatleme alljärgnevalt olulisemaid.

1. KINNISTAMINE JA KORDAMINE UUE ÕPPEMATERJALI ÕPPIMISE KÄIGUS.

Aastakümnete jooksul kasutusel olnud nn. neljaosalise tunni viimaseks etapiks on kinnistamine, mille vältel sageli lastakse õpilastel sõna-sõnalt ümber jutustada seda, millest rääkis õpetaja või mida loeti õpikust. Paljud metoodikud ja õppetunde kontrollivad isikud on sellist kinnistamist pidanud hädavajalikuks tunni osaks, mille puudumisel tehakse tunni lõpul lakooniline märkus: kinnistamine jäi ära. Vaevalt küll leidub tänapäeval enam õpetajaid või metoodikuid, kes sellist tundi peavad ainuõigeks ja põhiliseks õppetunni vormiks. Ka tunni lõpul toimuvat viieminutilist kinnistamist ei saa pidada ainuvõimalikuks. Leidub muidugi teemasid, mille puhul on tarvis teha õpitust kokkuvõtteid tunni lõpul, kogu õppematerjali käsitlemise järel. Näitena võiks siin olla meie poolt varem kirjeldatud iseseisva töö tund teemal «Ekso-

ja endotermilised reaktsioonid», kus kinnistav kordamine tunni lõpul on vajalik. Enamikul juhtudel tuleks siiski õigemaks pidada kinnistamist otse õppeprotsessi käigus, õpitud ainelõigu kohest harjutamist ja süvendamist. Üheks õnnestunumaks õpitava aine kohese kinnistamise võtteks on kahtlematult harjutuste, ülesannete ja eksperimentide suuline selgitamine paralleelselt töö endaga, mida nimetatakse ka kommenteeritud harjutamiseks. Edukalt saab taolist kinnistamist läbi viia 7. klassis valentsi mõiste süvendamiseks oksiidide ja hüdroksiidide käsitlemisel. Kui õpilastele anda ülesandeks koostada alumiiniumoksiidi valem, siis valemi koostamise käigus selgitab üks õpilastest kuuldavalt oma mõttekäiku, motiveerides ülesande täitmise kõiki staadiume: «Alumiiniumoksiidi molekul koosneb alumiiniumi ja hapniku aatomitest (kirjutab sealjuures sümbolid Al ja O). Alumiinium on kolmevalentne ja hapnik kahevalentne. (Märgib peale valentsid: $\overset{III}{Al}\ \overset{II}{O}$.) Kuna ühe elemendi kõikide aatomite valentsiühikute arv peab võrduma teise elemendi kõikide aatomite valentsiühikute arvuga, on tarvis võtta kaks aatomit alumiiniumi ja kolm aatomit hapnikku. Seega alumiiniumoksiidi valem on Al_2O_3».

Kirjeldatud kinnistamisviis on omal kohal ka reaktsiooni võrrandite koostamisel ning arvutuslike ülesannete lahendamisel, eriti siis, kui kõik õpilased ei ole veel võimelised iseseisvalt toime tulema nimetatud harjutuste või ülesannetega.

Otstarbekaks tuleks pidada vahetult õppimisele järgnevat kinnistamist ka keemiliste elementide ja nende ühendite omaduste tundmaõppimisel. Vajalik on, et vaatluse ja katsete teel omandatud teadmisi kinnistavad õpilased suulise väljenduse ja töövihikutesse märkimise teel.

Vahetult õppimisele järgnevat kinnistamist tuleb soovitada ka üldteoreetiliste küsimuste käsitlemisel. Näiteks pärast seda, kui õpilastele on näidete varal tutvustatud lihtaineid, õpilased on tuletanud lihtaine mõiste ja õpikust lastud lugeda vastavat definitsiooni, järgneb kohe ka suuline kinnistamine. Pärast liitaine mõiste selgitamist lastakse õpilastel veel kord võrrelda liht- ja liitainete koostist.

Ka tunni lõpul toimuva kinnistamise korral tuleks hoiduda küsimustest, mis nõuavad õpetaja jutustuse või

õpiku materjali täpset ümberjutustust. Need ei sunni õpilasi mõtlema ja järeldusi tegema. Õpilastele esitatud küsimused olgu ka tunni lõpul võrdlemist, arutlemist ja põhjendamist nõudvad. Mõne keemilise elemendi või ühendi käsitlemisel laseme õpilastel seda võrrelda teise, varem õpitud ning koostiselt ja omadustelt lähedase ainega. Eriti sobiv on sellist kinnistamist läbi viia väävel- ja lämmastikhappe õppimisel pärast soolhapet (7. klassis) ning alumiiniumi ja vase õppimisel pärast rauda (8. klassis).

Mõnedel juhtudel, eriti mitmesuguste definitsioonide õppimisel, on vajalik ka lihtne kinnistamine, mille vältel lastakse isegi mitmel õpilasel korrata üht ja sama mõistet, kuni see lõplikult talletub kõikide õpilaste mälus.

Üheks olulisemaks kinnistamisvormiks on mitmesugused harjutused. Kõige enam vajavad harjutamist valentsi rakendamine valemite koostamisel, ainete keemilised nimetused, keemiliste reaktsioonide võrrandite koostamine ning mitmesuguste arvutuslike ülesannete lahendamine. Kindlasti tuleb meeles pidada seda, et valemite ja reaktsiooni võrrandite koostamise harjutamiseks tuleb leida aega igas tunnis, kuni nimetatud probleemid õpilastele täiesti selgeks saavad. Igapäevase harjutamise kõrval on aga eespool märgitud ainelõikude sügavamaks ja kindlamaks omandamiseks vajalikud ka spetsiaalsed harjutustunnid.

Õpilaste oskusi ja teadmisi aitab märgatavalt süvendada kordamine, mis on vahetult seotud uue materjali õppimisega. Näiteks tunnis teemal «Süsiniku keemilised omadused» seab õpetaja endale eesmärgiks tutvustada põhjalikumalt süsiniku reageerimist hapniku ja metallide oksiididega ning süvendada 7. klassis osaliselt juba õpitud mõisteid *redutseerimine* ja *redutseerija*. Demonstreerides katseid süsiniku omaduste kohta, ei tohi õpetaja vaikides mööda minna hapniku ja vesiniku omadustest. Mõnikord meenutab õpetaja neid ainult paari sõnaga ja ütleb, et hapnik on õpilastele nagunii hästi tuntud aine. Selle asemel peaks aga meeldetuletuse tegema selliselt, et süsiniku põlemine hapnikus annaks ühtlasi täiendavat materjali ka hapniku omaduste kohta. Kuna vaadeldud tunni teises osas on juttu süsinikust kui redutseerijast, peaks õpilastele juba eelmisel tunnil andma korrata nii hapniku kui ka vesiniku keemilised omadused. Viimase elemendi omaduste põhjal võivad õpilased kergesti ise

teha järelduse, et süsinik on redutseerija. Seega on nii mõnelgi juhul otstarbekas korrata ka selliseid varem õpitud ainelõike, millel formaalselt on vähe ühist õpitavaga.

Mitmel juhul, nagu hapete, aluste, oksiidide ja soolade õppimisel 8. klassis, ei ole võimalik õpitavat materjali programmis ettenähtud aja vältel selgeks saada, kui eelnevalt ei tuletata meelde 7. klassis õpitut. Nii näiteks, asudes 8. klassis hapete käsitlemisele, on tarvis eelnevalt korrata kõike, mis on 7. klassis õpitud sool-, väävel- ja lämmastikhappest. 8. klassis oksiidide juurde asudes on vaja meelde tuletada eelmisel aastal õpitud süsinikdioksiidi, vääveldioksiidi, difosforpentoksiidi ja kaltsiumoksiidi omadusi.

Pidev kordamine uue aine õpetamise käigus peab muutuma iga õpetaja töösüsteemi lahutamatuks osaks.

2. HARJUTUSTUNNID.

Kinnistamine ja harjutamine peavad olema suuremal või vähemal määral iga tunni koostisosaks. See ei välista aga võimalust ja vajadust läbi viia spetsiaalseid harjutustunde.

Harjutustunnid on vajalikud õppeaasta lõpul, õpitu kordamisel, aga veelgi enam vahetult teema või probleemi lõpul.

Kuna harjutustunni eesmärgiks on süvendada varem saadud teadmisi ja oskusi, siis on õpilased peaaegu kogu tunni vältel rakendatud iseseisvale tööle. Harjutamiseks vajalike eelteadmiste meenutamiseks toimub tunni algul vaid lühike vestlus. Harjutusi võib, sõltuvalt nende keerukusest ja õpilaste eelnevast ettevalmistusest, vahetevahel katkestada kontrollimiseks ja uute ülesannete andmiseks. Harjutustunnis võib õpilaste iseseisev töö kesta ka kogu tunni ja tehtut kontrollitakse alles tunni lõpul.

Harjutustunnid on eriti vajalikud siis, kui õpitakse valemite ja reaktsiooni võrrandite koostamist või arvutuslike ja eksperimentaalsete ülesannete lahendamist.

Harjutustunni teemal «Valents» (7. klassis) võiks läbi viia järgmiselt.

Tunni algul tuletatakse meelde järgmisi mõisteid ja fakte: a) valents, b) tähtsamate metallide ja mittemetallide valentsid, c) püsiv ja muutuv valents, d) valemite

koostamise reeglid, e) valentsi määramise reeglid. Kõiki loetletud mõisteid selgitavad õpilased konkreetsete näidete varal.

Seejärel antakse õpilastele iseseisvaks tööks järgmised ülesanded:

a) määrata elementide valents antud vesiniku- ja hapnikuühendite valemite põhjal (neid olgu 10—15);

b) koostada õpetaja poolt nimetatud elementide vesinikuühendite valemid (8—10 valemit) valentsi põhjal;

c) koostada tuntud elementide hapnikuühendite valemid valentsi põhjal;

d) koostada õpetaja poolt antud muutuva valentsiga elementide hapnikuühendite valemid.

Vajaduse korral võib osa harjutustest lasta õpilastel teha ka klassitahvlile.

Järgnevalt kirjeldame harjutustundi 8. klassis.

Tunni teema «Oksiidide, hüdroksiidide ja soolade valemite koostamine».

Tunni eesmärk: korrata oksiidide, aluste ja soolade valemite koostamise reegleid ning harjutamise teel kinnistada ja süvendada vastavaid oskusi.

Sissejuhatuseks toimub vestlus kogu klassiga järgmiste küsimuste ja korralduste alusel.

1. Kuidas koostada oksiidide valemeid? Koostage naatriumoksiidi ja alumiiniumoksiidi valemid.

2. Missuguseid ühe-, kolme- ja kahevalentseid metalle teate?

3. Nimetage muutuva valentsiga metalle. Missugused on nende valentsid?

4. Kuidas tuletatakse muutuva valentsiga metallide oksiidide nimetusi?

5. Nimetage need ained:

CuO, Cu_2O, FeO, Fe_2O_3, NiO, Ni_2O_3.

6. Kuidas koostatakse hüdroksiidide valemeid? Koostage a) naatriumhüdroksiidi ja b) alumiiniumhüdroksiidi valemid.

7. Kirjutage soolhappe, lämmastikhappe, väävelhappe, süsihappe ja ortofosforhappe valemid.

8. Märkige nimetatud hapete happejääkide valentsid. Põhjendage.

9. Kuidas nimetatakse soolhappe, lämmastikhappe, väävelhappe, süsihappe ja ortofosforhappe soolasid?

10. Kuidas nimetatakse happelisi soolasid?

11. Kuidas koostatakse soolade valemeid?

12. Kirjutage järgmiste soolade valemid: a) naatriumkloriid, b) kaltsiumnitraat, c) kaaliumvesiniksulfaat, d) kaltsiumkarbonaat, e) naatriumfosfaat. Selgitage, kuidas koostate neid valemeid.

Selline kordav vestlus paneb aluse harjutuste sooritamisele. Siis annab õpetaja korralduse kirjutada vihikusse ühe tulbana kõik valemid, mis kirjutatakse tahvlile. Nimetusi, mida tunnis öeldakse, palub ta mitte märkida. Seejärel tulevad õpilased õpetaja väljakutsel tahvli juurde harjutusi tegema. Algul kutsutakse välja tugevamad õpilased, hiljem nõrgemad. Õpilaste vastuseid hinnatakse. Õpetaja koostab nende õpilaste nimekirja, kes vastavad halvasti, et lähematel päevadel nendega täiendavat tööd teha. Iga õpilane teeb tahvli juures ühe harjutuse ja annab vajalikud seletused. Harjutused koostatakse nii, et oleks võimalik paremini diferentseerida teadmisi ja oskusi.

Harjutus 1. Kirjutage järgmiste ainete valemid: a) hõbeoksiid, b) kaaliumoksiid, c) magneesiumoksiid, d) kaltsiumoksiid, e) alumiiniumoksiid, f) kroom(III)-oksiid, g) vask(II)oksiid, h) vask(I)oksiid.

Harjutus 2. Kirjutage järgmiste ainete valemid: a) raud(III)oksiid, b) raud(II)oksiid, c) naatriumoksiid, d) süsinikoksiid, e) süsinikdioksiid, f) vääveldioksiid, g) difosforpentoksiid.

Harjutus 3. Lugege tahvlile kirjutatud valemid ja nimetage ained, millel on selline koostis.

Harjutus 4. Kirjutage järgmiste ainete valemid: a) kaaliumhüdroksiid, b) naatriumhüdroksiid, c) magneesiumhüdroksiid, d) kaltsiumhüdroksiid, e) alumiiniumhüdroksiid, f) kroom(III)hüdroksiid.

Harjutus 5. Kirjutage järgmiste ainete valemid: a) vask(II)hüdroksiid, b) vask(I)hüdroksiid, c) raud(III)-hüdroksiid, d) raud(II)hüdroksiid.

Harjutus 6. Lugege tahvlile kirjutatud valemid ja nimetage ained, millel on selline koostis.

Harjutus 7. Kirjutage järgmiste soolade valemid: a) naatriumkloriid, b) naatriumnitraat, c) naatriumsulfaat, d) naatriumvesinikkarbonaat, e) naatriumvesiniksulfaat, f) naatriumkarbonaat, g) naatriumfosfaat.

Lugege tahvlile kirjutatud valemid ja nimetage ained, millel on selline koostis.

Harjutus 8. Kirjutage järgmiste soolade valemid:

a) alumiiniumkloriid, b) alumiiniumnitraat, c) alumiiniumsulfaat, a) alumiiniumfosfaat. Lugege neid valemeid ja nimetage vastavaid aineid.

Harjutus 9. Kirjutage järgmiste soolade valemid: a) kaltsiumkloriid, b) kaltsiumnitraat, c) kaltsiumsulfaat, d) kaltsiumkarbonaat, e) kaltsiumfosfaat. Lugege need valemid ja nimetage vastavad ained.

Harjutus 10. Kirjutage: a) kaaliumi ja väävelhappe, b) kaaliumi ja süsihappe, c) naatriumi ja väävelhappe liht- ja happeliste soolade valemid. Lugege need valemid ja nimetage vastavad ained.

Harjutus 11. Kirjutage kõik võimalikud raua ja vase sulfaatide ning kloriidide valemid. Lugege need valemid ja nimetage vastavad ained.

Harjutus 12. Kirjutage järgmiste ainete valemid: a) hõbenitraat, b) hõbeoksiid, c) kroom(III)sulfaat, d) kroom(III)oksiid, e) raud(II)oksiid, f) raud(II)hüdroksiid, g) raud(III)kloriid, h) raud(II)kloriid, i) raud(III)-hüdroksiid, j) raud(III)oksiid. Lugege need valemid ja nimetage vastavad ained.

Kodune ülesanne. Kirjutada klassis vihikusse märgitud valemite kõrvale ainete nimetused.

Kirjeldatud harjutustundi võib läbi viia ka teistmoodi. Pärast esimeste harjutuste kirjutamist tahvlile lastakse järgnevaid kirjutada ainult õpilaste vihikutesse. Ühtlasi on vaja nõuda, et õpilased kordamööda oma tööd kuuldavalt kommenteeriksid. Tunni lõpuosas võiks aga toimuda harjutamine täiesti iseseisva tööna. Sealjuures on tingimata vajalik, et vastav harjutusmaterjal oleks eelnevalt välja kirjutatud kantavale tahvlile, kuna sel juhul saab õpetaja paremini jälgida õpilaste iseseisvat tööd.

Juhul kui klassis leidub õpilasi, kes teistest oma teadmistelt ja oskustelt on tunduvalt üle, tuleks neile anda teistest erinevaid, täiendavaid harjutusi. Need kirjutatakse eri lehekestele. Kirjeldatud harjutustunni puhul võiks lasta parematel õpilastel teha järgmisi harjutusi.

Harjutus 13. Kirjutage naatriumi, kaaliumi, kaltsiumi ja magneesiumi liht- ja happeliste fosfaatide valemid ning märkige juurde vastavad nimetused.

Harjutus 14. Arvestades, et kroom esineb ühendites kahe- ja kolmevalentsena, ning plii kahe- ja neljavalentsena, kirjutage kõikide kroomi ja plii oksiidide, klo-

riidide, nitraatide ja sulfaatide valemid ning märkige juurde vastavad nimetused.

Pärast kirjeldatud harjutustundi tekib õpilastel harva raskusi oksiidide, aluste ja soolade valemite koostamisega. Kui mõned õpilased siiski veel vahetevahel eksivad, tuleks nendega teha täiendavaid harjutusi kas järgmistes õppetundides või väljaspool tunde.

Sobiva harjutusmaterjali olemasolu korral on harjutustundidest palju kasu.

3. KORDAVAD TUNNID.

Nii nagu harjutamist on vaja ka kinnistamist ja üldistamist lisaks tavalisele õppetunnile läbi viia teema või vastava programmilõigu lõpul eri tunnis.

Üldistavate ja kordavate tundide eduka korraldamise esimesteks tingimusteks on:

1) et õpilastele antakse üldistamise vältel ka uusi teadmisi,

2) et õpilased oleksid kordavaks tunniks hästi ette valmistunud.

Kui vestluse vältel antakse õpilastele küsimusi, millele õpikus on vastused olemas ja mis esitatakse teema esialgse käsitlemise järjekorras, ei haara see õpilasi kaasa. Selleks et õpilased tuleksid üldistavale vestlusele ettevalmistatult, on neile eelnevalt tarvis anda koduseks tööks ülesandeid.

Nii näiteks, kui 7. klassi programmi kahe esimese peatüki käsitlemine hakkab lõpule jõudma, antakse koduseks iseseisvaks tööks järgmised küsimused ja ülesanded.

1. Missugused on molekulaar-atomistliku õpetuse põhiteesid?

2. Selgitage molekulaar-atomistliku õpetuse põhjal järgmisi mõisteid ja seadusi: a) keemiline element, lihtaine, liitaine; b) puhtad ained ja segud; c) füüsikalised ja keemilised nähtused; d) ühinemis- ja lagunemisreaktsioonid; e) aine massi jäävuse ja koostise püsivuse seadused; f) keemilised märgid ja valemid.

3. Koostage skeemid: a) ainete klassifikatsioonist; b) nähtuste klassifikatsioonist.

4. Loetlege kõik andmed, mida saame teada aine kohta keemilise valemi põhjal. Selgitage neid kahe-kolme näite abil.

5. Loetlege kõiki andmeid, mida saame teada keemilisest reaktsioonist tema võrrandi järgi. Selgitage neid kahe-kolme näite põhjal.

6. Koostage ise mõned ülesanded, mille lahendamisel kasutate teadmisi a) segude puhastamisest ja b) nähtuste jaotamisest füüsikalisteks ja keemilisteks.

Eelnevalt saadud ülesannete põhjal loevad õpilased õpikut, vaatavad läbi vihiku vastavad osad, koostavad skeeme ja ülesandeid. Õpilased töötavad iseseisvalt ja saavad vajaduse korral täiendavat abi õpetajalt. Koostatud skeemid, tabelid ja ülesanded antakse mõni päev enne kordavat tundi õpetajale. Õpetaja kontrollib neid ja valib paremad klassis kasutamiseks.

Tunnis tehakse iga kõduse ülesande kohta lühike kokkuvõte ühe õpilase poolt. Teised kuulavad ning teevad pärast omapoolseid parandusi ja täiendusi. Oma vastuseid illustreerivad õpilased tabelite, skeemide, katseriistade ja muude näitlike vahendite ning tähtsamate nähtuste demonstreerimisega.

Tunnis esitab õpetaja veel täiendavaid küsimusi-ülesandeid, mis on suunatud käsitletava materjali sügavamaks lahtimõtestamiseks. Toome mõned näited.

1. Nimetage väävli, raua, vaskvitrioli, piirituse ja teiste ainete teile tuntud omadusi.

2. Määrake, missugused allpool loetletud nähtustest on füüsikalised, missugused keemilised: vee aurustumine, piima hapnemine, piirituse aurustumine, vaskeseme tumenemine, hõõgniidi hõõgumine elektripirnis, väävli põlemine jne. Põhjendage vastust.

3. Selgitage, kuidas eraldada järgmistest segudest puhtaid aineid: a) väävel ja vaskvitriol, b) vask ja suhkur, c) keedusool ja liiv, d) õli ja vesi jt.

4. Selgitage molekulaar-atomistliku teooria põhjal, mille poolest erineb väävli ja raua segu raudsulfiidist.

5. Tooge näiteid ühinemis-, lagunemis- ja asendusreaktsioonide kohta.

6. Näidake, kuidas puhastatakse aineid filtreerimise ja destilleerimise teel.

Tunni lõpul lahendatakse õpilaste poolt koostatud ülesannetest õnnestunumaid. Seejärel teeb õpetaja kokkuvõtte õpilaste vastustest, osutab nende positiivsetele ja negatiivsetele külgedele, peatudes eriti põhjalikult veel mitte täiesti selgena näivatel küsimustel. Ühtlasi toob ta seal-

juures täiendavaid fakte ja motiveeringuid ning teeb ulatuslikumaid teoreetilisi üldistusi.

Üldistav kordamine on vajalik iga suurema teema lõpul, eriti aga vesiniku, hapniku, lahuste ja anorgaaniliste ainete põhiklasside käsitlemise järel 7. klassis.

Varem õpitud materjali üldistamine annab võimalusi õpilastele meelde tuletada kõike, mis kuulub keemia kursuses antud lõigu juurde. Üldistamine seob antud mõistet või tervet mõistete gruppi teiste mõistetega, tõstes need senisest kõrgemale teoreetilisele tasemele. Üldistamine ei ole lihtne tuntud materjali kordamine. See on tunnetuse kvalitatiivselt uus etapp, mille vältel mõtestatakse lahti varemõpitu, süvendatakse, täpsustatakse ja seostatakse ühtsesse süsteemi.

4. KORDAMINE ÕPPEAASTA ALGUL JA LÕPUL.

8. klassis on äärmiselt vajalik korrata neid aineterühmi, mille käsitlemine lõpetati 7. klassi kevadel. Kuna hapete, aluste, oksiidide ja soolade õppimine toimub 8. klassis hoopis teise süsteemi alusel — laiendatult, üldistatult ja süvendatult — on tarvis 7. klassis õpitud fakte meelde tuletada.

Sageli korratakse õppeaasta algul eelmisel õppeaastal õpitud materjali täpselt samal meetodil ja samas järjekorras, nagu seda tehti esmakordsel õppematerjaliga tutvumisel. Õpetaja esitab lühidalt selle, mida õpilased õppisid juba 7. klassis ja õpilased kordavad sama õpikust. Kuna kõik, mida esitab õpetaja, on õpilastele tuntud, ei kuula nad õpetajat vajaliku tähelepanuga. Ka kodune kordamine õpikust toimub analoogiliselt: vaadatakse kergelt üle see, mida juba teatakse. Seetõttu õpilaste teadmised ei parane. Õpetaja peab põhjuseks ununemist ja kurdab, et õppeaasta algul ei eraldata kordamisele küllaldaselt tunde. On ilmne, et õpilaste teadmiste vähesuses on süüdi kordamise ebaõige metoodika.

Märgatavalt paremaid tulemusi saavutatakse, kui õpetaja ei lase õpilastel eelmisel aastal õpitud materjali korrata õpiku paragrahvide alusel, vaid hästi läbimõeldud kordamisküsimuste põhjal, mis sunnivad neid korratava materjali sisusse süvenema. Ei ole tingimata tarvilik, et kogu 7. klassis õpitud materjali korratakse just esimestel tundidel. Tundub otstarbekam olevat esimestel tundidel

korrata keemia põhimõisteid, seejärel valentsi ja viimase põhjal valemite koostamist. Hapete, aluste, oksiidide ja soolade kordamine toimugu järk-järgult mõnevõrra hiljem. Oleks otstarbekas korrata hapete käsitlemise juures sool-, väävel- ja lämmastikhapet, aluste õppimisel naatrium- ja kaltsiumhüdroksiidi jne.

Hapete õppimisel 8. klassis on soovitatav korrata järgmiselt. Pärast seda, kui õpilastele on selgitatud hapete koostist ja tehtud kõik õpikus vastava lõigu lõpus olevad harjutused, võib asuda kordama 7. klassis õpitud materjali hapete kohta. Õpetaja poolt antud kordamisküsimused võiksid olla järgmised.

1. Missugused on sool-, väävel- ja lämmastikhappe valemid? Missugused on nende happejäägid ja happejääkide valentsid?

2. Millised sarnased füüsikalised omadused on sool-, väävel- ja lämmastikhappel?

3. Missugused on nimetatud hapete erinevused füüsikalistes omadustes?

4. Milliseid ühiseid jooni on nende hapete keemilistes omadustes?

5. Milliseid erinevusi on nimetatud hapete keemilistes omadustes?

6. Koostada järgmiste ainetevaheliste reaktsioonide võrrandid:

a) magneesiumhüdroksiid ja soolhape,
b) kaaliumhüdroksiid ja soolhape,
c) magneesiumhüdroksiid ja väävelhape,
d) naatriumhüdroksiid ja väävelhape,
e) alumiiniumhüdroksiid ja väävelhape.

Pärast seda, kui õpilased on antud küsimused kodus läbi töötanud, arutatakse neid ühel õppetunnil ja alles siis võetakse üksikasjaliku vaatluse alla hapete omadused 8. klassi õpiku põhjal.

Küllaltki keeruliseks metoodiliseks probleemiks on kordamine õppeaasta lõpul. Mitmetes koolides nõutakse veel praeguseni programmi järgi materjali lõpetamist 4. õppeveerandi alguseks, viimasel õppeveerandil toimub sel juhul ainult kordamine. Seda ei saa õigeks pidada, kuna see sunnib õppeprogrammi põhiküsimusi liialt lühikese aja jooksul läbi võtma. Kiirustamise tõttu ei suuda õpilased saadud teadmisi ja oskusi küllaldaselt kinnistada ning need jäävad pinnapealseks. Lootused kordamisele neljan-

dal õppeveerandil ei õigusta end praktikas, kuna sel ajal saavad õpilased suuri ülesandeid ka teistes õppeainetes, mille tõttu teadmised jäävad ikkagi pealiskaudseks.

Seepärast on tarvis korraldada õppetöö nii, et iga teema järel oleks küllaldaselt aega kordamiseks. Sellega ei välistata aga kõige tähtsamate ainelõikude kordamist paralleelselt uue materjali õppimisega neljandal õppeveerandil.

Korrata ei tohi mingil juhul aga nii, nagu seda kahjuks mõnikord ette tuleb: kogu õppematerjal jagatakse õpiku lehekülgede viisi enam-vähem võrdsetesse osadesse ja antakse igaks õppetunniks kodus korrata. Õpilased saavad kahekordse koormuse: peavad õppima uut, tunnis käsitletud materjali ja kordama hulgaliselt varemõpitut.

Kirjeldatud raskuste ärahoidmiseks soovitatakse korrata nii, et oleks olemas loogiline seos varem õpitud ja uue materjali vahel. Sel juhul kordamine ei raskenda, vaid kergendab uue õppematerjali omandamist. Kordamiseks antud kodune ülesanne ei tohi olla ainult õpiku lehekülgede loetelu. Taoline kordamine annab väga vähe kasu, sest õpiku lehitsemisel jääb õpilasel mulje, et ta teab kõike ja seepärast ei pea otstarbekaks kulutada aega hoolikale kordamisele. Palju paremaid tulemusi saavutatakse, kui õpetaja valib kordamiseks harjutused ja ülesanded, millede lahendamiseks õpilane peab kordama varemõpitut ja kasutab õpikut kui teatmikku. Lehekülgede ja paragrahvide näitamisel on siis hoopis teine mõte.

5. EKSPERIMENTAALÜLESANDED.

Kõigist kordamise võtetest, aga ühtlasi ka õpilaste iseseisva töö võtetest, on 8-klassilises koolis kõige vähem levinud eksperimentaalülesanded. Kuna seda liiki ülesanded võimaldavad kõigist teistest kordamisvõtetest tunduvalt paremini panna õpilasi iseseisvalt mõtlema ja juurdlema ning ühtlasi ka praktiliselt kontrollima oma oletuste õigsust, kirjeldame eksperimentaalülesannete lahendamise metoodikat mõnevõrra üksikasjalikumalt.

Eksperimentaalülesandeid on võimalik lasta lahendada mitmeti. Lihtsaim viis on, kui üks demonstratsioonilaua juurde kutsutud õpilane lahendab ülesande algul kirjalikult ja siis eksperimentaalselt. Teised õpilased kirjutavad

vihikutesse töö käigu, vaatavad demonstreeritavat katset, koostavad reaktsioonide võrrandid ja abistavad vajaduse korral klassi ees lahendavat õpilast. Mõnikord kutsutakse korraga välja ka kolm-neli õpilast: sel ajal kui esimene õpilane vastab, mõtlevad teised, kuidas sooritada katset. Ühtlasi märgivad nad kirjalikult lahenduse käigu, valmistuvad katse demonstreerimiseks ja, lõpetanud ettevalmistuse, ootavad oma vastamise järjekorda. Selleks et klassi tähelepanu ei oleks hajutatud, on soovitatav paigutada katseid ettevalmistavad õpilased demonstratsioonilaua juurest eemale.

Kirjeldatud demonstreeriv eksperimentaalülesannete lahendusvõte ei võimalda aga vajalikul määral õpetada kõiki õpilasi rakendama õpitut praktikas, kuna sel viisil ei saa iga õpilane isegi 1—2 korda õppeaasta jooksul ise praktiliselt ülesannet lahendada. Pealegi ei suuda tagumistes pinkides olevad õpilased liigse kauguse tõttu demonstratsioonilauast kõike vajalikku näha ega meelde jätta. Küll võimaldab aga eksperimentaalülesannete selline lahendamise viis õpetajal suunata kõikide õpilaste tähelepanu katsetehnikas esinevatele vigadele ja saada täpne ülevaade üksiku õpilase praktilistest oskustest ning vilumustest. Seepärast kasutataksegi kirjeldatud moodust enam õpilaste teadmiste kontrollimisel kui oskuste ja vilumuste kujundamisel.

Praktiliste oskuste ja vilumuste süvendamiseks on tunduvalt otstarbekam õpetaja juhendamisel toimuv kollektiivne frontaalne töö. Sel juhul arutletakse üheskoos, kuidas lahendada antud ülesannet, märgitakse reaktsioonide võrrandid ja lõpuks sooritavad kõik õpilased ise katsed. Õpetaja suunab kogu klassi tegevust, juhtides tähelepanu katsetehnikas esinevatele vigadele.

Kui õpilased on juba omandanud küllaldaselt eksperimentaalülesannete lahendamise kogemusi, tuleb kõige otstarbekamaks pidada iseseisva laboratoorse töö tundi, kus õpilased lahendavad 3—4 eksperimentaalülesannet. Ülesanded antakse sellised, et õpilased neid lahendades peaksid kasutama viimaste teemade õppimisel saadud teadmisi. Eksperimentaalülesanded on soovitatav anda kahes variandis, nii et kõrvuti istuvad õpilased lahendaksid eri variante. See ei ole vajalik ainult lahendamise iseseisvuse saavutamiseks, vaid ka tehnilistel kaalutlustel: kui kõigil õpilastel on samad ülesanded, siis

vajatakse täpselt ühetaolisi katsevahendeid tunduvalt enam. Kõigi õpilaste jaoks määratud põhiliste ülesannete kõrval peaks õpetaja end varustama 2—3 raskema ülesandega tugevamate õpilaste jaoks, kes lõpetavad oma töö teistest varem.

Esimese eksperimentaalülesannete lahendamise tunni algul on tarvis anda õpilastele lühike instruktsioon, mis võiks sisaldada järgmisi punkte.

1. Enne ülesande kallale asumist on vaja üksikasjalikult läbi mõelda lahenduse käik.

2. Katseteks võtta minimaalne hulk reaktiive.

3. Kui reaktsioon ei toimu, siis soojendada.

4. Kui katsete käigus on oodata mürgiste või tugevalõhnaliste ainete eraldumist, teha katse tõmbekapis.

5. Saadud ained hoida alal tunni lõpuni ja vajaduse korral näidata õpetajale.

6. Ülesannete lahendamise ajal võib kasutada õpikut ja teatmikke ning pöörduda vajaduse korral abi saamiseks õpetaja poole.

Juhul kui töö on kontrollivat laadi, ei ole lubatud õpiku ja teiste käsiraamatute kasutamine.

7. Ülesanded, mille teksti kohale on tehtud märge ohtlikkuse kohta, lahendada algul kirjalikult ja näidata õpetajale. Eksperimendi juurde asuda alles pärast katse kohta käiva spetsiaalse instruktsiooni saamist õpetajalt.

8. Kui reaktiivi sattus nahale või riietele, teatada viivitamatult õpetajale.

9. Töötada vaikselt, säilitada korda töölaual ja hoida reaktiivide puhtust; mitte rikkuda etikette.

10. Eksperimentaalülesannete lahenduskäigu kohta kanda andmed töövihikusse: märkida lahenduse käik koos põhjendusega, järeldused ning reaktsiooni võrrandid.

Märkmed võivad olla vihikutesse kantud vabas vormis. Alljärgnevalt on toodud mõned näited sissekannetest õpilaste vihikuis.

Näide 1. Saada vask(II)kloriidi, lähtudes vask(II)sulfaadist.

$$\underset{\text{sinine lahus}}{CuSO_4} + \underset{\text{värvuseta lahus}}{BaCl_2} = \underset{\text{valge sade}}{BaSO_4\downarrow} + \underset{\text{rohekas-sinine lahus}}{CuCl_2}$$

Lahus filtreeritakse ja filtraat aurustatakse. Saadakse vask(II)kloriid.

Järeldus: soolasid saadakse kahe soola vastastikusel reageerimisel (kui üks saadud sooladest sadestub).

Näide 2. Lisada soolhappe lahusesse vähehaaval magneesiumkarbonaati. Selgitada vaadeldud nähtust.

Vaatluse tulemused.	Selgitus.
a) Magneesiumkarbonaat reageerib soolhappega kihisedes.	Toimub reaktsioon: $MgCO_3 + 2HCl = MgCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$ Magneesiumkloriid lahustub vees, tekkiv süsihape laguneb veeks ja süsihappegaasiks (kihisemine).
b) Mõne aja pärast reageerimine lakkab. Reageerimata jäänud magneesiumkarbonaat sadestub. Sademe kohal on värvuseta vedelik.	Magneesiumkarbonaadi reageerimine lakkas seepärast, et kulus ära soolhape. Vedelik on magneesiumkloriidi lahus.

Näide 3. Saada tsingist lähtudes tsinksulfaati.

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2\uparrow$$

hõbevalge metall — värvuseta lahus — värvuseta lahus — värvuseta gaas

1. Kihisemine, gaasi eraldumine.
2. Kuumenemine.
3. Algul aeglane, pärast kiire reaktsioon.
4. Hape reageerib metalliga, tekitades soola.
5. Kui reaktsioon lõppes, lahus filtreeriti ja aurustati. Saadi tsinksulfaat.

Praktika on näidanud, et eksperimentaalülesannete lahendamine läheb ladusalt, kui 1) kontrolliti, kas õpilased on omandanud kõik selle, mis on vajalik ülesannete lahendamiseks; 2) varem demonstreeriti mõningate sarnaste ülesannete lahendamist; 3) pandi õpilaslaudadele kogu vajalik varustus, unustamata ühtegi detaili.

Sel juhul töötavad õpilased rahulikult ja enesekindlalt, pöördudes õpetaja poole vaid sisuliste probleemide tekkimisel, mitte aga tehnilistes küsimustes (ei ole vajalikku reaktiivi, katseseadet, selleks vajalikku materjali jne.). Õpetaja jälgib pidevalt õpilaste tööd: kontrollib lahenduse

käiku ja sissekandeid töövihikutesse, annab vajaduse korral juhtnööre ja vastab küsimustele.

Kui eesmärgiks ei ole õpilaste tööde hindamine, toimugu ülesannete lahenduste kontrollimine samas tunnis. Umbes 10 minutit enne tunni lõppu antakse korraldus töö lõpetamiseks, et siis kontrollida tehtut. Klassi ette kutsutud õpilased selgitavad, kuidas nad lahendasid ülesande, ja teised õpilased parandavad esinenud vigu.

Keerukamate eksperimentaalülesannete lahendamiseks on soovitatav ülesannete tekstid anda õpilastele mõni päev enne praktilist tööd. Sel juhul valmistuvad õpilased kodus põhjalikumalt ette, kirjutavad vihikusse plaani, põhjendavad seda ja koostavad katseteks vajalike reaktiivide ning vahendite nimekirja. Ühtlasi toimub enne ülesannete praktilist lahendamist frontaalne kontroll, kuidas õpilased on valmistunud tööks. Kodune ettevalmistus kiirendab tööd tunnis, muutes selle sisukamaks.

Eksperimentaalülesannete laboratoorsel lahendamisel on rida eeliseid, võrreldes ülesannete kirjaliku lahendamisega. Eksperimentaalülesannete lahendamisel kasutavad õpilased oma keemiaalaseid teadmisi vahetult vaadeldavate keemiliste nähtuste sisu lahtimõtestamiseks, mille tõttu need teadmised täpsustuvad. Õpilased omandavad sealjuures oskusi kasutada oma teadmisi praktikas ja saavad ka eksperimentaalseid vilumusi.

S. Šapovalenko on palju aastaid uurinud, kuidas õpilased ise suhtuvad eksperimentaalülesannete lahendamisse. Õpilased märgivad, et eksperimentaalülesannete lahendamine aitab tunduvalt kinnistada keemiaalaseid teadmisi, siduda neid praktikaga, arendab iseseisvust, korraarmastust, vastutustunnet ja on huvitavaimaks õppetöö vormiks.

Ei saa öelda, et eksperimentaalülesannete lahendamine alati huvitaks ja rahuldaks. Kui õpilastel nimetatud ülesannete lahendamine ei laabu seepärast, et neil ei ole küllaldaselt teadmisi või oskusi, siis ei huvitu nad taolistest ülesannetest. Huvi ülesannete lahendamise vastu on vajalikul tasemel siis, kui õpilastele antud ülesanded ei ole liialt rasked ega ka liialt kerged, s. o. neis on ületatavad raskused.

Eksperimentaalülesannete lahendamisel kasutatakse õpilaste poolt (eriti 8. klassis) analüütilis-sünteetilist meetodit, mille puhul nad ei asu praktilise lahendamise juurde

enne, kui on endale selgeks teinud töö käigu. Kõige enam soovitatakse kasutada järgmistest osadest koosnevat lahenduskäiku. Õpilase mõttekäik on antud jutumärkides.

1. Ülesande tingimuste lugemine: «Saada baariumsulfaati, lähtudes baariumnitraadist, baariumhüdroksiidist, naatriumhüdroksiidist, naatriumsulfaadist, sool- ja väävelhappest.»

2. Ülesandes saadavate ainete valemite kirjutamine ja nende ainete klassi määramine. «On tarvis saada baariumsulfaati. Tema valem on $BaSO_4$ (õpilane kirjutab). See on baariumi ja väävelhappe sool.»

3. Antud ainete vaatlemine. «On antud sool- ja väävelhape ning baariumnitraat, naatriumsulfaat, baariumhüdroksiid, naatriumhüdroksiid jt.»

4. Nende ainete valik, mis sisaldavad saadud aine koostisse kuuluvaid elemente või elementide rühmi. «$Ba(NO_3)_2$, H_2SO_4, $Ba(OH)_2$ ja Na_2SO_4.»

5. Vajaliku aine saamisviisi määramine, lähtudes olemasolevatest reaktiividest: «Baariumsulfaati võib saada väävelhappe või naatriumsulfaadi reageerimisel kas baariumnitraadi või baariumhüdroksiidiga, kuna soolad reageerivad nii hapete, leeliste kui ka sooladega.»

6. Mõttekäigu õigsuse kontroll reaktsiooni võrrandi koostamise abil:

$$Ba(NO_3)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2HNO_3$$
$$Ba(NO_3)_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2NaNO_3$$
$$Ba(OH)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2H_2O$$
$$Ba(OH)_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2NaOH$$

7. Aine praktiline saamine ja reaktsiooni käigu vaatlemine.

8. Saadud aine lahustuvuse määramine lahustuvuse tabeli abil, et otsustada, kas kõnealune aine on lahuses või sademes.

9. Saadud aine eraldamine segust (filtreerimine, pesemine filtril, kuivatamine, aurustamine).

Kirjeldatud lahenduskäigu korral toimub pidev enesekontroll.

Alljärgnevalt kirjeldame mõningate eksperimentaalülesannete lahendamist. Ühtlasi püüame tähelepanu juhtida kõige sagedamini tehtavatele vigadele.

Ülesanne 1. *Lisada pliinitraadi lahusele kaaliumjodiidi lahust. Selgitada, missugune aine sadestus.*

Pärast katse tegemist võiks toimuda järgmine vestlus.

Õpetaja: «Kuidas sooritasite katse? Mida täheldasite?»

Õpilane: «Lisasin pliinitraadi lahusele kaaliumjodiidi lahust. Tekkis kollane sade.»

Õpetaja: «Mida küsiti ülesandes?»

Õpilane: «Küsiti, missugune aine sadestus.»

Õpetaja: «Missuguse järelduse võib teha sellest faktist, et nimetatud lahuste kokkuvalamisel tekkis sade?»

Õpilane: «Toimus keemiline reaktsioon.»

Õpetaja: «Selleks et selgitada, milline keemiline reaktsioon toimus, koostame reaktsiooni võrrandi.»

Kui õpilased ei tule sellega kohe toime, antakse täiendavaid juhtnööre: «Kirjutage pliinitraadi ja kaaliumjodiidi valemid!

Missuguste ainete klassi kuuluvad need ained? Mida teate soolade omavahelisest reageerimisest? Koostage reaktsiooni võrrand!»

Õpilane kirjutab: «$Pb(NO_3)_2 + 2KI = PbI_2\downarrow + 2KNO_3$.»

Õpetaja: «Seega me teame, missugune reaktsioon toimus pliinitraadi ja kaaliumjodiidi lahuste segamisel. Meil on aga tarvis teada, missugune aine sadestus. Kuidas seda määrata?»

Kui õpilased ei suuda kohe vastata, antakse täiendavaid küsimusi: «Missugused ained saadi reaktsiooni tulemusena? Määrake lahustuvuse tabeli järgi, kas pliijodiid ja kaaliumnitraat lahustuvad vees. Missugune aine sadestus?»

Õpetaja: Kuidas siis selgitada kollase sademe teket pliinitraadi ja kaaliumjodiidi reageerimisel?»

Õpilane: «Need soolad reageerivad, kuna tekib kollane vees lahustumatu pliijodiid.»

Analoogiliselt (kuid võimalikult iseseisvalt) võiks lasta lahendada ka järgmisi ülesandeid.

1. *Lisada lämmastikhappe lahusele vask(II)oksiidi, kuumutada, vaadelda ja anda seletus.*
2. *Asetada soolhappe lahusesse tükike alumiiniumi. Seletada toimuvat.*

Ülesanne 2. *On antud baariumhüdroksiid, kaltsiumkar-*

bonaat ja soolhape. Saada baariumkarbonaat ja eraldada ta segust.

Kirjutatakse ülesande tingimused, kusjuures üks õpilane kordab neid. Õpetaja küsimusele, missuguste ainete klassi kuulub baariumkarbonaat, vastavad õpilased, et baariumkarbonaat kuulub soolade klassi.

Seejärel esitab õpetaja järgmise küsimuse: «Missuguseid soolade saamise viise teate?» Õpilased loetlevad neile tuntud võimalused.

Edasi küsib õpetaja: «Missuguseid loetletud saamisviisidest võib kasutada antud ülesande lahendamisel?» Mõned õpilased vastavad, et baariumkarbonaati võib saada soola ja aluse vahelise vahetusreaktsiooni tulemusena. Põhjendust nõudvale küsimusele vastatakse, et ülesandes olid selleks vajalikud ained (kaltsiumkarbonaat ja baariumhüdroksiid) olemas. Vea selgitamiseks võib esitada järgmise küsimuse: «Millisel juhul võib toimuda soola ja aluse vaheline reaktsioon ning millal läheb see lõpuni?» Õpilased teavad, et lähteained peavad olema lahustuvad ja üks saadustest lahustumatu või gaasiline aine. Analüüsides ülesandes antud ainete omadusi, leiavad õpilased, milles on viga.

Kui õpilastele teeb raskusi õige lahenduskäigu leidmine, juhib õpetaja tähelepanu soolhappe olemasolule. Õpilased taipavad siis, et enne on tarvis kaltsiumkarbonaadi ja soolhappe reageerimisel saada süsinikdioksiid ja alles siis aluse ja happelise oksiidi reageerimisel sool (baariumkarbonaat). Õpetaja esitab küsimuse: «Kuidas eraldada baariumkarbonaati?» Õpilased vastavad, et baariumkarbonaat sadestub, järelikult on seda võimalik eraldada filtreerimise teel.

Pärast sellist analüüsi kirjutavad õpilased vihikusse lahenduse plaani ja otsustavad, missuguseid vahendeid on tarvis töö teostamiseks. Seejärel demonstreerib üks õpilane baariumkarbonaadi saamist. Õpetaja koos teiste õpilastega täpsustab ja parandab tema tööd. Ühtlasi juhitakse õpilaste tähelepanu sellele, kuidas koostada katseseadet, kontrollida tema hermeetilisust, teha ettevalmistustööd filtreerimiseks ja õigesti filtreerida. Pärast seda teevad kõik õpilased ülesande praktilise osa ja märgivad tähelepanekud vihikutesse.

On muidugi selge, et taoline üksikasjalik juhendamine on vajalik esimeste sellist tüüpi ülesannete lahendamisel.

Järgmisi ülesandeid lahendavad õpilased juba enamvähem iseseisvalt.

Ainete saamise kohta võiks lahendada veel järgmisi ülesandeid.

1. *Saada raud(III)kloriidist lähtudes raud(III)hüdroksiidi.*
2. *Saada magneesiumkarbonaadist lähtudes magneesiumhüdroksiidi.*
3. *Saada tsinkhüdroksiidi, lähtudes tsingist, soolhappest ja naatriumhüdroksiidist.*
4. *Saada tsinkkloriidi, lähtudes tsingist, baariumkloriidist ja vasksulfaadist.*

Ülesanne 3. *Kolmes silindris on: a) hapnik, b) lämmastik, c) süsinikdioksiid. Määrata silindrites olevad gaasid.*

Lahenduskäik võiks olla järgmine. Korranud ülesande tingimusi, määravad õpilased ainete kindlakstegemise viisid. Kui nad ei suuda näidata õigeid määramisviise, laseb õpetaja kirjeldada määratavate ainete neid omadusi, mille poolest ained üksteisest erinevad. Kui õpilased ka nüüd ei suuda leida vajalikke omadusi, esitab õpetaja täiendavaid küsimusi, nagu «Missugune keemiline omadus on iseloomulik hapnikule, kuid puudub lämmastikul ja süsinikdioksiidil? Milles põlevad ained hästi?» Samasugusel viisil leitakse ka süsinikdioksiidi omadused, mille abil teda eraldada lämmastikust. Õpilased peaksid vastama: «Ta on raskem lämmastikust ja kutsub esile lubjavee hägustumise.»

Pärast seda kavandatakse katsete järjekord. Õpilased võiksid selle sõnastada järgnevalt: «Selleks et määrata, missuguses silindris on süsinikdioksiid, lisame igasse silindrisse lubjavett ja loksutame. Seal, kus on süsinikdioksiid, muutub lahus häguseks. Seejärel on tarvis viia hõõguv pird ülejäänud silindritesse. Seal, kus pird süttib, on hapnik.»

Pärast ülesande lahendamist räägib õpetaja veel kord, et ainete määramise puhul on tarvis meenutada eelkõige ainete omadusi, mille poolest nad üksteisest erinevad.

Ainete määramise ülesannetest võiks soovitada lahendada veel järgmisi.

1. *Määrata, millises neljast katseklaasist on soolhape.*
2. *Määrata, millises uuritavas katseklaasis on lämmastikväetis, missuguses kaaliumväetis jne.*

Aastate vältel on täheldatud, et märgatav osa õpilastest ei suuda täielikult ja pikemaks ajaks meelde jätta kõike seda, mis on õpitud tundides. Ühtlasi on ilmnenud, et nii mõnigi kord teavad õpilased suurepäraselt vähetähtsaid fakte (näiteks, et vedel hapnik tardub —219° C juures, et 100 grammis vees lahustub 36 g keedusoola, 25 g kaaliumnitraati või 9,6 g söögisoodat jne.), kuid olulisemad ainelõigud on ununenud. On ilmne, et sellisel juhul ei ole õpetaja õpetamise ja kordamise käigus eraldanud olulist ebaolulisest või, mis veelgi halvem, on rõhutanud ebaolulist. Et ära hoida õpilaste mälu koormamist õppeainet illustreeriva faktilise materjaliga, peaks iga õpetaja endale välja kujundama kindla õpetamise süsteemi ja kindla küsimustiku, millele kõik õpilased on alati võimelised vastama.

Eesti NSV Haridusministeeriumi juures töötav keemiakomisjon arutas mõned aastad tagasi keemia õpetamise olukorda 8-klassilistes koolides ja otsustas koguda keemia õpetajatelt materjali senini kasutusel oleva raudvara küsimustiku kohta. Keemiakomisjoni liikmete kollektiivse töö tulemusena valmiski raudvara näidisküsimustik 7. ja 8. klassi jaoks ning alates 1964/65. õppeaastast on see ka keemia programmi lõpus.* Näidisküsimustikule lisatud seletuskirjas on öeldud: «... raudvara küsimustik ei tohiks muuta mingil määral senini kasutusel olevat õpetamissüsteemi, mis põhineb programmi alusel koostatud õpikul. Raudvara küsimustik peaks õpetajale olema abivahendiks olulisemate programmilõikude kordamiseks ja sagedasemaks kontrollimiseks. Raudvara küsimustiku avaldamine ei tähenda seda, et õpilastele tuleks selgeks õpetada ainult vastused neile küsimustele, seostamata probleeme omavahel, jättes välja toomata vastastikuse sõltuvuse. Kui keemia õpetaja läheb sellist kergema vastupanu teed, toob taolise küsimustiku kasutamine kasu asemel pigem kahju, kuna õpitav materjal muutub omavahel loogiliselt seostamata faktide kogumikuks, millest suurem osa peagi ununeb. Seepärast on oluline, et õpetaja programmi vastavaid lõike käsitleks

* Käesoleva õppeaasta programmis näidisküsimustik puudub, kuna see on ümbertöötamisel.

tavalises korras, osutades vaid senisest enam tähelepanu näidisküsimustes esitatud probleemidele, rõhutades neid senisest enam, püüdes neid enam lahti mõtestada ja kinnistada. Väga edukalt saab raudvara küsimustikku kasutada aine kordamisel, kuna siis ainelõikude vaheline vastastikune seos on juba olemas.»

Keemia programmi lisana on toodud vaid sellised küsimused, millele õpilased peaksid suutma vastuse leida alati, kogu kooliaja jooksul.

Need on küsimused, mis peaksid olema õpetaja erilise tähelepanu objektiks kogu õppeaasta vältel nii õpilaste küsitlemisel kui ka uue aine käsitlemisel.

Eespool märgitud küsimustik haarab enda alla vaid kõige olulisemaid probleeme. Lisaks nendele peame soovitatavaks veel teist põhiküsimustikku, mis hõlmab ühe või teise teema kõige olulisemaid küsimusi ja millele on vaja osutada suurt tähelepanu just vastava teema õppimisel või kordamisel.

Nii näiteks teema «Hapnik» käsitlemisel 7. klassis võiksid olla järgmised põhiküsimused.

1. *Hapniku keemiline märk ja molekuli valem.*
2. *Missugused on hapniku füüsikalised omadused?*
3. *Kuidas tehakse kindlaks hapniku olemasolu?*
4. *Kirjeldada: a) söe, b) väävli, c) fosfori, d) magneesiumi ja e) raua põlemist hapnikus.*
5. *Mida nimetatakse põlemiseks?*
6. *Mida nimetatakse oksüdeerumiseks?*
7. *Missugused on looduslikud oksüdeerumisprotsessid?*
8. *Millest koosnevad oksiidid?*
9. *Missugused on hapniku tähtsamad kasutusalad?*
10. *Kus leidub hapnikku looduses?*
11. *Kuidas saadakse hapnikku laboratooriumis?*
12. *Milliseid aineid nimetatakse katalüsaatoriteks?*
13. *Mis on ekso- ja endotermilised reaktsioonid?*

Teema käsitlemisel peaksid toodud küsimused alati õpetajal käepärast olema. Igale vastajale tuleks esitada 2—3 küsimust. Nimetatud küsimuste pidev meeldetuletamine sunnib õpilasi enam süvenema vaadeldud probleemide sisusse, sunnib neid enam kordama.

Ka uue aine käsitlemisel peaks õpetaja võrdluseks meelde tuletama varemõpitust just põhimaterjali, kuna sellel ju enamasti tugineb suurem osa edaspidi õpitavast.

Valikulised põhiküsimused on eriti tähtsad õppemater-

jali kordamisel teema lõpul, enne kontrolltööd. Õpilastele antavate kordamisküsimuste hulgas peaksid esikohal olema just raudvara küsimused.

Aine kordamisel õppeaasta lõpul või uue õppeaasta algul ei ole õpetaja käsutuses tavaliselt küllaldaselt aega kogu õppematerjali detailseks kordamiseks. Sellel poleks ka mõtet, kuna kordamisperioodil, eriti õppeaasta lõpul antakse korrata kõikides õppeainetes. Detailsel kordamisel muutuks õpilaste koormus liialt suureks. Seepärast peab eriti õppaasta lõpul kordama hoolikalt läbimõeldud valikuliste põhiküsimuste alusel.

Mitmed õpetajad on õpilastele sisse seadnud spetsiaalsed raudvara vihikud, kuhu aine käsitlemise või kordamise käigus märgitakse vastused raudvara küsimustele. Kui sellisesse vihikusse kanda ainult vastused kõige olulisematele küsimustele, ei nõua see palju aega ja vähemalt esialgsete tähelepanekute kohaselt ei ole olnud märgata õpilaste koormuse erilist kasvu. Sellistest vihikutest on tulu ainult siis, kui õpetaja tõepoolest eranditult igas tunnis igale kontrollitavale õpilasele annab vähemalt ühe küsimusena nn. raudvara küsimuse.

Selleks et hõlbustada tööd raudvaraga, peame soovitatavaks vastava kartoteegi koostamist õpetaja poolt. Kartoteek võiks sisaldada kaht erinevat värvi kaardikesi. Üht värvi kaardikestele on kantud ainult kõige olulisemad küsimused, s. o. need, millele õpilane peab oskama eksimatult vastata ka aastate möödumisel. Ülejäänud küsimused, s. o. need, mida korratakse põhjalikult ühe teema piirides, võiksid olla kirjutatud teist värvi kaardikestele. Kõik kaardikesed on paigutatud aine käsitluse järjekorras kartoteegikarpi, kusjuures eri teemade kohta käivad kaardikesed on üksteisest eraldatud suurema vahekaardiga.

III. ÕPILASTE TEADMISTE KONTROLLIMISE MEETODEIST.

Kontrollimine on vahend, mis stimuleerib õpilasi omandama teadmisi, oskusi ja vilumusi, kasvatab harjumust teha hoolikalt tööd.

Et kontrollimine saaks täita nimetatud õpetuslikke ja kasvatuslikke eesmärke, peab ta vastama järgmistele nõuetele.

Kontrollida tuleb süstemaatiliselt. Õpetajal peab olema ühe teema ulatuses ülevaade kõigi õpilaste teadmistest. Süsteem ei tohi olla õpilastele «läbipaistev», nii et see neil õpilastel, kellel tööharjumused ja teadlik distsipliin on halvasti välja kujunenud, võimaldaks õppida vaid kontrollimise puhuks.

Õpetajal peab olema ülevaade ühe õpilase faktilistest teadmistest, harjutuste ja ülesannete sooritamise oskusest, katsetamise vilumustest jne.

Kontrollimisega arendatakse õpilastes teadlikku kriitilist suhtumist oma vigadesse ja puudustesse, õpetatakse õpilast oma (ja ka kaasõpilaste) teadmistele hinnangut andma.

Töö tulemuste hindamisel tuleb taotleda maksimaalset objektiivsust. Hinde panemisel ei tohi õpetaja lasta end segada sellest, kuidas antud õpilane on varem vastanud, kuidas käitunud.

Kontrollimise tihedus peab olema selline, et iga õpilane oleks igas tunnis valmis oma teadmistest ühes või teises vormis aru andma.

Kui kontrollimine on õigesti organiseeritud, on ta ühtlasi ka teadmiste kinnistamise ja süvendamise vahendiks. Selleks on vajalik eeskätt kogu klassi rakendamine aktiivsele kaasatöötamisele ja -mõtlemisele. Oluline on meetodite mitmekesisus ja vaheldumine, et kontrollimine ei muutuks šabloonseks ja tüütavaks.

Suurem osa õppetundide ajast peab olema pühendatud uute teadmiste andmisele ja kinnistamisele. Kontrollimisele kuluvat aega tuleb püüda viia miinimumini. Selleks on jällegi vajalik meetodite täiustamine ja uute ratsionaalsete meetodite kasutuselevõtmine.

Õpilaste teadmiste süstemaatiline ja tihe kontrollimine on vajalik ka lastevanemate huvides. Hinded annavad vanematele ülevaate, kuidas nende lapsed õpivad, suunavad neid koduste töötingimuste parandamisele.

Õpetajale endalegi on õpilaste teadmiste kontrollimine väga tähtis: kuidas muidu näeks ta oma töö tulemusi, märkaks tehtud vigu, oskaks hinnata oma õnnestumisi.

Õpilaste teadmiste kontrollimine süstematiseeritakse tavaliselt suuliseks ja kirjalikuks küsitluseks. Keemia kui õppeaine seisukohalt pole selline küsitlusmeetodide klassifikatsioon kõige sobivam. Enamasti nõuame igalt õpilaselt lisaks suulistele seletustele valemite, võrrandite, harjutuste või ülesannete kirjutamist klassitahvlile. Sagedasti lisandub õpilase teadmiste suulisele kontrollimisele ka tema praktiliste oskuste kontroll. Kui õpilane vastab kirjalikult, peab ta oma teadmiste näitamiseks lisaks keemilisele sümboolikale, skeemidele ja ülesannete lahendamisele kasutama ka sõnalist seletust. Neil sõnalistel seletustel pole aga olulist erinevust, võrreldes suulises kõnes antud seletustega. Et õpilase teadmistest objektiivset pilti saada, peakski alati taotlema tema teadmiste mitmekülgset kontrollimist. Peame nägema tema praktilisi vilumusi, kuulma tema väljendusoskust, veenduma tema loogilise mõtlemise ja abstraktsioonivõime sügavuses.

Õpetaja peab püüdma kontrollida selliselt, et ta samas tunnis jälgiks ning hindaks õpilase teadmisi ja oskusi võimalikult mitmest aspektist; faktilise materjali esitamine, ülesannete ja harjutuste lahendamine, katsetamine jne. Kõiki tunde pole võimalik nii üles ehitada. Mõnikord on takistuseks õppeaine enda iseloom — ainete põhiklasside õppimisel langeb pearõhk harjutustele ja katsetele, metallide kohta anname aga teoreetilisemat laadi teadmisi, mistõttu õpilaste vastused on refereerivat (jutustavat) laadi. Teinekord oleneb kontrollimise ühekülgsus lihtsalt õpetaja harjumustest. Kui õpetaja peab silmas, et ta üht ja sama õpilast vähemalt ühe õppeveerandi jooksul kontrollib erinevatest aspektidest (ühel tunnil jutustamine, teisel

harjutus, kolmandal praktiline töö jne.), siis võib lubada ühes õppetunnis teatud küsitlusmeetodi domineerimist. Sel põhjusel kasutame meiegi mõningal määral vana sissetallatud rada küsitlusmeetodite klassifitseerimisel.

1. ÕPILASTE TEADMISTE KONTROLLIMINE KOGU TUNNI VÄLTEL.

Paljudes õppetundides pole teravat vahet õpilaste õpetamisel ja kontrollimisel. Kogu tunni vältel tehakse tööd, mis õpilastele uusi teadmisi ja oskusi juurde annab ning varem omandatuid kinnistab ja süvendab. Töö käigus jälgib õpetaja pidevalt väiksemat või suuremat rühma õpilasi ja hindab lõpuks nende teadmisi.

Tunni sellise ülesehitusega saavutatakse meetodite suurem vaheldusrikkus, mis on eriti vajalik just nooremates klassides.

Kirjeldatud tunnistruktuur võimaldab õpilasi aktiivsemalt tööle rakendada ja tagab kõigile õpilastele kogu tunni vältel töö. Ta sisaldab endas ka häid võimalusi õpetamise diferentseerimiseks ja individualiseerimiseks.

Sellises tunnis täidame õpilaste teadmiste kontrollimisele esitatud mitmekülgsuse nõude. Ühe õppetunni vältel võime kontrollida õpilase faktilisi teadmisi ja suulist väljendusoskust, jälgida, kuidas ta teeb katset ja teada saada, kuivõrd ta on kodus keemilise sümboolika alal.

Taolise tunni eel peab õpetaja hästi läbi mõtlema, keda ta kavatseb kontrollida. Tiheda töötunni käiku häiriks väga, kui õpetaja äkki tunni katkestab ja päevikust otsima hakkab, keda järgmisena küsida. Pole otstarbekohane kontrollida ühesuguse tasemega õpilasi. Kui vastavad ainult klassi parimad õpilased, jääb klassikaaslastel vähe võimalusi nende vastuste korrigeerimiseks ja täiendamiseks. Kui küsitletakse ainult vähem võimekaid õpilasi, kujuneb töö klassis igavaks ja parematele õpilastele vähepakkuvaks.

Muude ettevalmistuste kõrval peab õpetaja ette nägema võimaluse, kuidas ta registreerib oma tähelepanekud õpilaste teadmiste ja oskuste kohta. Väga hea mäluga õpetaja võib endale lubada, et ta tunni lõpul paneb hinde saadud üldmulje põhjal. Enamik õpetajaid peab aga tunni kestel märkmeid tegema. On hea, kui õpetajal on väike

papist (ka lihtsalt paksemast joonistuspaberist) kaardike klassi nimestikuga või plaaniga õpilaste istekohtadest klassis. Sellele on hõlpus märkida «osahindeid» (mõnikord lihtsalt plusse ja miinuseid), millest tunni lõpul tehakse kokkuvõte. Kui «osahinded» märkida pliiatsiga ja nad aeg-ajalt ära kustutada, võib sellist «märkmikku» kasutada kogu õppeaasta vältel. Sel viisil arvestust pidades võib ühes tunnis hinnata 4—5 ja enamgi õpilast.

Olgu näiteks toodud tund 7. klassis, kus käsitletakse õhu koostist.

Õpetaja teeb lühikese sissejuhatuse, milles räägib, et meie kõik elame suure õhuookeani põhjas ja seetõttu tunneme oma isiklike kogemuste najal hästi õhu omadusi. Õhu koostise kohta peaks olema õpilastel mõningaid teadmisi ka neljanda klassi koduloo tundidest. Õpetaja palub õpilasi meenutada oma seniseid teadmisi õhu koostisest, läbi lugeda vastav osa õpikust ning anda vastused kantavale tahvlile kirjutatud küsimustele. Tahvlil on järgmised küsimused.

1. *Kuidas selgitaksid katseliselt, et õhk on gaaside segu?*
2. *Kuidas tegi seda A. Lavoisier?*
3. *Iseloomusta õhu tähtsamaid koostisosi:*
   a) hapnik,
   b) lämmastik,
   c) süsinikdioksiid,
   d) väärisgaasid.
4. *Milliseid kahjulikke lisandeid võib sisaldada õhk? Kuidas neist vabaneda?*

Kuni õpilased leiavad vastuseid küsimustele, kontrollib õpetaja kodust kirjalikku harjutust valentsi kohta. Ta vaatab, kas kõik õpilased on harjutuse teinud. 6—8 õpilase vihikutega tutvub ta veidi põhjalikumalt ja märgib koduse harjutuse eest hinde (hinnete kaardile, märkmikku või konspekti).

Vestluses õhu koostise kohta püüab õpetaja võimalikult rohkem küsida just neid õpilasi, kelle kodust tööd ta põhjalikumalt kontrollis. Demonstratsioonikatse õhu koostise tõestamiseks korraldatakse vahepeal, kohe pärast seda, kui õpilased on vastanud esimesele küsimusele.

Pärast vestlust ja koduse ülesande teatamist asutakse kinnistama ja süvendama teadmisi valentsi kohta. Õpetaja annab täiendavaid seletusi valemite koostamise kohta

selle alusel, milliseid vigu märkas ta kodustes töödes. Tehakse vaheldumisi harjutusi valemite koostamiseks ja valemite järgi valentsi määramiseks. Mõlemal juhul nõutakse tingimata harjutuste suulist kommenteerimist.

Kui selgub, et õpilased oskavad teadmisi valentsi kohta hästi rakendada ja kui õpetaja on lasknud sooritada igal kontrollitaval õpilasel vähemalt ühe harjutuse, võib tunni lõpul teha veel mõned harjutused molekulmassi arvutamiseks või esitada küsimusi raudvarast.

Õpetaja on tunni lõpuks saanud ülevaate 6—8 õpilase töö edukusest. Ta sai teada, kuidas olid tehtud kodused kirjalikud harjutused. Vestlus selgitas, kuidas õpilased klassis uusi teadmisi omandasid. Õpetaja veendus ka selles, kas õpilased on valentsi määramise sisuliselt omandanud. Lõpuks sai õpetaja teada, kuidas nad mäletavad raudvara.

Õpetaja tähelepanekud õpilase *A* kohta mõttes	Õpetaja kirjalikud märkmed
Vihikus oli eksitud kahevalentsete elementide oksiidide valemite koostamisel, teised vastused õiged.	$4(Zn_2O_2)$
Vestluse käigus võttis ta kaks korda sõna ja vastas mõlemal korral arukalt.	5,5
Tahvlil tehtud harjutuses ta enam koduse töö viga ei korranud.	5(!)
Molekulkaalu arvutas õigesti.	5

Õpetaja märkmetest piisab, et tunni lõpul õpilase teadmiste hindeks «5» panna.

Järgnevalt kirjeldame üht võimalust, kuidas läbi viia tundi, milles antakse õpilastele uusi teadmisi soolade omadustest.

Õpetaja alustab tundi diktaadiga, mida 2 õpilast kirjutavad tahvlile (küllalt kaugel teineteisest) ja ülejäänud õpilased oma vihikutesse. Õpetaja dikteerib kiiresti soolade nimetusi ja jälgib tahvli juures töötavaid õpilasi. On 10 valemit kirjutatud, annab õpetaja sõna kolmandale õpilasele, käsib parandada tahvlil olevad vead ja hinnata tehtud tööd. Ei saa see õpilane ülesandega hakkama, märgib

õpetaja endale hinde («2» või —) ja annab sama ülesande uuele õpilasele. Pärast vigade parandamist saadab õpetaja tahvli juures olevad õpilased kohale ja jätkab dikteerimist — järgmised 10 valemit kirjutavad juba kõik õpilased vihikuisse. Õpetaja seisab nüüd ühe õpilase kõrval ja jälgib selle tööd. Kui diktaat on lõppenud, saadab õpetaja veel ühe õpilase tahvli juurde, kellel laseb kontrolliks viimased 10 valemit vihikust tahvlile kirjutada. Kõigile neile õpilastele, kelle valemite koostamise oskust jälgiti, paneb õpetaja (oma märkmikku või eri lehele) hinde.

Töövihikutesse märgitakse pealkiri «Soolade omadused», vaadeldakse mõnede soolade füüsikalisi omadusi ja iseloomustatakse neid.

Õpetaja esitab rea küsimusi lahustuvuse kohta, püüdes neid adresseerida õpilastele, kelle oskusi valemite kirjutamisel tunni algul hinnati. Ka 7. klassis õpitud teadmiste kindlust iseloomustab õpetaja hindega.

Soolade ja aluste lahustuvuse tabelit kasutades vastavad õpilased järgmistele küsimustele.

1. Kuidas lahustub alumiiniumkloriid? (Alumiiniumkloriid lahustub hästi.)

2. Milline on kaltsiumsulfaadi lahustuvus? (Kaltsiumsulfaat on vähe lahustuv.)

3. Iseloomusta hõbekloriidi lahustuvust? (Hõbekloriid on praktiliselt lahustumatu.) jne.

Ka nende vastuste eest märgib õpetaja hinde (võib ka lihtsalt + või —).

Nüüd esitab õpetaja küsimusi hapete ja leeliste keemiliste omaduste kohta. Sellega on võimalik kontrollida, kuidas mäletatakse 2—3 tundi tagasi õpitut. Ka seekord peetakse silmas tunni algul väljavalitud õpilasi.

Soolade reageerimise kohta hapete ja leelistega tehakse laboratoorne katse. Õpetaja jälgib, kuidas õpilased katse tegemisega toime tulevad, ning fikseerib tulemused märkmikku. Ka katse kirjeldamisel ja järelduste tegemisel võiks küsida samu õpilasi.

Tunni lõpul harjutatakse reaktsiooni võrrandite koostamist.

Õpetajal on järgmised tähelepanekud õpilaste teadmistest: 1) kuidas nad olid omandanud soolade nimetused ja oskasid koostada valemeid; 2) kui tugevad on nende teadmised varemõpitust; 3) kuidas orienteeruvad nad lahustu-

vuse tabelis ja kui tähelepanelikult kuulasid õpetaja selletust selle kohta; 4) kas nad sooritavad katse küllalt koralikult; 5) kuivõrd oskavad katsest järeldusi teha ja 6) oskavad nad teadlikult kirjutada reaktsioonide võrrandeid.

Oletame, et õpetaja märkmed õpilaste *A* ja *B* kohta on järgmised:

A: 5; +; +; puhtalt; 5; 4.
B: 3; —; +; kork laual; 3; 4.

Õpilase *A* hinne on «5», õpilasel *B* «3».

Häid võimalusi õpilaste teadmiste mitmekülgseks kontrollimiseks annavad korduvad tunnid pikema teema käsitluse lõpul ja harjutustunnid, nagu neid kirjeldasime eelmises peatükis.

Kirjeldame näitena õpilaste hindamist tunnis, kus korratakse süsiniku ja tema hapnikuühendite omadusi.

Tunni esimeses osas annab õpetaja rea küsimusi, mis eeldavad peamiselt suulist vastamist.

1. *Nimetage õhus, vees, maakoores ja organismides leiduvaid süsiniku ühendeid.*
2. *Nimetage süsiniku allotroopseid teisendeid ja võrrelge neid omavahel.*
3. *Mille poolest erineb puidu põletamine puidu utmisest?*
4. *Millise omaduse tõttu kasutatakse puusütt gaasitorbiku kurnas?*
5. *Mis on süsiniku täieliku ja mittetäieliku põlemise põhjuseks? Millised produktid nimetatud reaktsioonide puhul tekivad?*
6. *Mis iseloomustab süsinikdioksiidi kui tüüpilist happelist oksiidi?*
7. *Kuidas saadakse süsinikdioksiidi tööstuses?*
8. *Kuidas saadakse süsinikoksiidi tööstuses?*
9. *Võrrelge süsinikdioksiidi ja süsinikoksiidi toimet loomorganismidesse.*
10. *Milliste omaduste poolest on sarnased süsinik ja süsinikoksiid? Iseloomustage neid omadusi.*
11. *Miks pole võimalik saada süsihapet puhtal kujul?*
12. *Milliseid süsihappe soolasid kasutatakse praktikas?*

Vestluse käigus teeb õpetaja märkmeid vastuste kohta. Võiks planeerida umbes kuue õpilase teadmiste hindamise (igaühele 2 küsimust). Kui mõned õpilased vastuse võlgu jäävad, lisandub esialgu planeerituile veel teisi.

Pärast vestlust annab õpetaja kolmele õpilasele eksperimentaalülesanded.

1. *Saada antud lähtainetest süsinikdioksiidi; tõestada, et saadud gaas on süsinikdioksiid.*
2. *Määrata, milline antud kolmest lahusest on lubjavesi.*
3. *Määrata, milline antud kolmest ainest on naatriumkarbonaat.*

Ülejäänud õpilased rakendatakse kirjalike harjutuste tegemisele. Neil võib lasta kirjutada reaktsiooni võrrandeid skeemide alusel:

1) $Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3 \rightarrow Fe_2O_3 \rightarrow Fe$
2) $CaCO_3 \rightarrow CO_2 \rightarrow Na_2CO_3 \rightarrow CO_2$

Kui õpilased on harjutuse lõpetanud, pannakse sulepead kõrvale ja jälgitakse kaasõpilasi, kes lahendavad eksperimentaalülesannet. Kuulatakse ära nende seletused ning antakse hinnang. Õpetaja paneb hinded nii eksperimentaalülesannete lahendamise kui ka kohtadelt tehtud täienduste ja paranduste eest.

Vahepeal jälgib õpetaja, kuidas õpilased reaktsiooni võrrandite kirjutamisega toime tulid. Kui õpilastel töö hästi laabus ja õpetaja palju vigu ei märka (üksikud vead saab parandada individuaalse juhendamise käigus), pole vajadust võrrandeid enam tahvlile kirjutada ega ka suuliselt kommenteerida. Õpetaja võib mõne õpilase juures kauem seisatada, tema tööd jälgida ja hinnata.

Tunni lõpul lahendavad õpilased veel õpikust mõne ülesande. Kui klassis leidub õpilasi, kellele on õpiku ülesanded liiga lihtsad, annab õpetaja neile kaardikesele kirjutatud ülesande. Ülesande lahendamise ajal peaksid olema erilise «luubi alla» võetud need õpilased, keda õpetaja kavatses hinnata, kuid kes eksperimentaalülesannet ei lahendanud. Kui õpetaja ei jõua neid klassis jälgida, võtab ta nende vihikud tunni lõpul ära ja paneb kokkuvõtva hinde pärast ülesande kirjaliku lahenduse kontrollimist. Kui tekib kahtlus, et õpilane ülesande lahendamisel võib kasutada teiste abi, on õige temalegi anda individuaalne ülesanne kaardikesel (see ei tarvitse palju erineda klassis lahendatavast ülesandest).

Seekord saab õpetaja panna kontrollitavatele õpilastele osahindeid vestlusest osavõtu, reaktsiooni võrrandite kir-

jutamise oskuse ja ülesande või eksperimentaalülesande lahendamise eest. Kõik need on kaalukad hinded ja sel alusel võib klassipäevikusse kanda koondhinde. Tavaliselt kujuneb hindeid planeeritust rohkem. Juhtub ju mõnigi kord, et õpilane jätab vastuse võlgu ja tuleb küsida teist. Kaasõpilaste vastuste parandamisel ja täiendamisel paistab mõni õpilane positiivselt silma ja teda tuleb kindlasti ka hinnata. Õpilasi, kellele anti raskem individuaalne ülesanne ja kes sellega hästi hakkama said, pole ka õige hindamata jätta.

Kuna antud tunnis uut õppematerjali ei käsitletud, sobib koduseks tööks anda teadmisi süvendavaid ja kinnistavaid harjutusi, arvutusülesandeid jne. Kui vestluse käigus selgus, et õpilastel ei ole süsiniku ja tema ühendite omadused küllalt selged, tuleb anda täiendavaid ülesandeid teema veelkordseks kordamiseks.

Tavaliselt korraldavad õpetajad teema lõpetamisel kirjaliku kontrolltöö. Lisaks kontrolltööle võib mõnikord sellises kokkuvõtvas tunnis, nagu eespool kirjeldasime, saada ülevaate küllalt suure hulga õpilaste teadmistest, avastada vead ja lüngad ning neid parandada ja analüüsida kohe samas tunnis. Sedalaadi tund on heaks ettevalmistuseks kontrolltööle. Kui tunnis selgub, et õpilaste teadmised on küllalt head, võib kontrolltöö ka ära jätta.

Kontrolltöödel on oma eelised ja neist ei saa täiesti loobuda, neid võib ainult mõnikord asendada teiste kontrollimismeetoditega. Pealegi ei tarvitse õpilased sugugi ette teada, kas tuleb kirjalik kontrolltöö või kontrollib õpetaja nende teadmisi antud teema ulatuses mõne teise meetodiga.

Õpilaste töö ja nende teadmiste igakülgne jälgimine kogu tunni vältel ongi nende vastutustunde kasvatamise üks tõhusamaid vahendeid. Kui pedagoogilises kirjanduses seda propageerima hakati, leidus õpetajaid, kes küsisid: «Kus on selline seadus, mis lubab õpilasi hinnata õppeaine selle osa piires, mida nad veel kodus õppinud pole?» Nende tundides juhtus mõnikord, et kui õpetaja oli lõpetanud küsitlemise ja asus uut osa seletama, avati lauasahtleis füüsika või saksa keele õpikud ja asuti järgmist tundi ette valmistama.

Õpilaste teadmiste kontrollimisel kogu tunni vältel toimub kordamine ja teadmiste süvendamine märkamatult muu töö käigus. Võrdselt sellega, mida õpiti täna ja eel-

mises tunnis, küsitakse õpilastelt pidevalt nn. raudvara. Selle teadmist ja mitteteadmist arvestatakse hindamisel samuti võrdselt teiste teadmistega.

Õpilaste teadmiste kontrollimine kogu tunni vältel kasvatab neis enesekriitikat, õpetab oma töömeetodite ratsionaalsust hindama. (Miks mina ei saanud selgeks, aga teised said?) Ei tohi aga tähele panemata jätta õpilaste looduslike eelduste erinevusi. Õpilasi, kes on aeglasema reageerimisega ja vähem taibukad, ei või hakata naeruvääristama, vaid neid tuleb rahulikult suunata täiendavale kodusele tööle. («Sulle jäi see küsimus veel arusaamatuks, loe kodus viimane lõik veel kord tähelepanelikult läbi! Sa oled unustanud hapete valemid, seepärast ei õnnestu sul soolade valemite koostamine. Korda hapete valemeid, kuni sa neid kindlalt tead!») Andekamaid ja keemiast enam huvitatud õpilasi peaks ergutama ja raskemate individuaalsete ülesannete andmisega edasi arendama. Nende võimete ja saavutuste hindamine ei tohi aga tekitada kõrkust ja üleolekutunnet vähem võimekate kaasõpilaste suhtes.

Kui hinnatakse õpilaste teadmisi, mida alles käesolevas tunnis omandati, saab õpetaja kõige parema ettekujutuse tunni efektiivsusest: ta veendub enda poolt valitud meetodite otstarbekuses, töö tempo vastavuses õpilaste võimetele jne. Õpetaja saab õige pildi kõigi õpilaste poolt tunnis omandatud teadmiste ulatusest ja sügavusest sel juhul, kui ta ei küsitle ainult neid, kes kätt tõstavad ja vastamiseks soovi avaldavad, vaid kontrollib teadlikult mitmesuguse edukusega õpilasi: nii teadmiste poolest nõrgemaid ja iseloomult tagasihoidlikumaid kui ka võimekamaid ja aktiivsemaid.

Kuigi õpetaja planeerib tunnis 4—10 õpilase küsitlemise, ei tohi ta tunnis töötada ainult nendega, vaid peab vahelduseks tegelema ka teiste õpilastega, keda antud tunnis pole plaanis hinnata. Kui need annavad häid ja kaalukaid vastuseid või jäävad võlgu mõne väga olulise küsimuse, võib õpetaja endale teha sellekohase märkuse ja seda arvestada hindamisel mõnes järgmises tunnis. Ei tohi aga harjutada õpilasi sellega, et nad iga lause eest, mida klassis ütlevad, iga väikese harjutuse või ülesande täitmise eest peavad saama kohe hinde. Teadku nad, et õpetaja hindab neid, keda tema arvates on vaja kontrollida ja hinnata, tööd peavad tegema kõik.

2. ÕPILASTE TEADMISTE INDIVIDUAALNE KONTROLLIMINE.

Igal inimesel on elus vaja vahetevahel oma mõtteid mingi teema kohta seotult ja terviklikult väljendada. Seda oskust on kohustatud õpilastes arendama ka keemia õpetaja. 7. ja 8. klassi keemia programm pakub mitmeid võimalusi ulatuslikumate seotud vastuste andmiseks. Näiteks teemad «Aine massi jäävuse seadus ja selle tähtsus», «Hapniku keemilised omadused», «Soolhape», «Mikroväetised», «Vask», «Tina» jne. sobivad selleks, et õpilane sel teemal valmistuks andma pikemat refereerivat vastust. Asjatu oleks selliseid teemasid frontaalsete lühiküsimustega väikesteks lõikudeks killustada.

Õpilane (ja üldse iga inimene) peab lisaks oskusele ümber jutustada seda, mida ta kuskilt kuulis või luges, olema valmis seletust andma tema enda poolt sooritatud katsetustele ja loogilistele mõttekäikudele; ta peab oskama teisi õpetada ning veenda. Selliste seletuste eelharjutuseks on õpilaste poolt lahendatud ülesannete ja tehtud katsete kommenteerimine.

Õige on, kui õpetaja peab individuaalset arvestust õpilaste teadmistes esinevatest lünkadest. Tal peaks teada olema, millised õpilased on raskustes ülesannete lahendamisega, kes ei tule hästi toime reaktsiooni võrrandites koefitsientide leidmisega, kellel ei jää meelde keemiline terminoloogia jne. Aeg-ajalt tuleks kontrollida (individuaalseid ülesandeid andes), kui kaugel on õpilane oma teadmistes esinevate lünkade likvideerimisel. Siin sobib jällegi põhjalikum individuaalne kontroll.

Pidev frontaalne, kõiki õpilasi haarav töö kogu tunni vältel on küllalt pingutav nii õpetajale kui ka õpilastele. Kui õpilane kogu aeg on pingul, et teda võidakse iga hetk küsida ja küsitaksegi iga 5—10 minuti järel (nagu eelmises peatükis soovitatud tundides tegelikult toimubki), mõjub see talle küllalt väsitavalt. Pealegi ei tohi unustada, et ka teiste õppeainete õpetajad kasutavad analoogilisi töömeetodeid, selline pinge kestab ühe õppepäeva jooksul mõnikord 4—5 tundi järjest. Individuaalne kontrollimine on oma iseloomult rahulikum: õpilane saab ülesande kätte, süveneb selle täitmisse ega pea kogu aeg pingutatult ootama, mida talt nüüd järgmiseks nõutakse. Ka kõik ülejäänud õpilased teavad oma ülesannet pikemaks ajavahemikuks: jälgida, kuidas kaasõpilane vastab,

võrrelda oma teadmisi tema omadega, lahendada iseseisvalt mõni ülesanne jne. Ka õpetaja töö on lihtsam — tema tegevus piirdub peamiselt ühe õpilase vastuse kuulamisega või veel paari individuaalselt töötava õpilase jälgimisega.

Niisiis on õpilase individuaalne kontrollimine tundides täiesti omal kohal ja isegi väga vajalik. Seda meetodit rakendades tuleb ainult teadlik olla ta puudustest: hinnete vähesus, hädaoht, et enamik õpilasi klassis jääb passiivseteks pealtkuulajateks. Kui õpetaja otsib pidevalt nende puuduste vältimiseks võimalusi, võib ta edukalt kasutada ka seda meetodit. Seejuures tuleks silmas pidada järgmist.

Õpilase vastamine klassi ees peab olema tõesti individuaalne vastamine. Õpetaja ei tohi end pakkuda selle kaasautoriks; tema liigsest aktiivsusest võivad olla põhjustatud allpool kirjeldatud vead. Juhtub õpilane veidigi eksima, mõne pisivea tegema, tõttab õpetaja kohe vahele segama: «Noh, kas panite tähele, mis ta ütles?» — «Kes parandab?» — «No, kas tõesti?» jne. Jutustab õpilane hästi ja õigesti, ei saa õpetaja hoiduda heakskiitvatest peanoogutustest ja neid saatvatest väljendustest «Jah, jah!» — «Õige!» Mõnikord antakse klassilegi ülesanne vastuse segamiseks: «Kohe, kui viga märkate, tõstke käed!»

Õpilasele tehtagu kohe algul selgeks: «Sa jutustad kõik, mida sellest teemast tead! Kui oled midagi unustanud, ära lase end häirida, jäta vahele ja jätka sellest kohast, mida oskad! Meie (s. t. õpetaja ja kaasõpilased) ütleme oma arvamuse siis, kui oled lõpetanud. Kõik valemid ja võrrandid, millest sa räägid, kirjuta tahvlile!»

Teistele õpilastele aga selgitatagu, et nad peavad vaikselt ja tähelepanelikult oma klassikaaslase vastust jälgima. See on vajalik järgmistel põhjustel.

1. Keegi ju ei taha, et nende kaasõpilane saaks halvema hinde, kui tema teadmised väärt on. Kui klassis on jutusosinat, võib õpetajal tekkida kahtlus, et püütakse vastajale ette öelda. Vastajal võib aga jääda ebameeldiv tunne, et ta eksis millegagi ja võib vastusega hoopis segi minna.

2. Kui kontrollitav õpilane vastamise lõpetab, küsitakse klassikaaslaste arvamusi vastuse kohta. Kes heas vastuses siiski mõne ebatäpsuse leiab, väärib head hinnet.

Kes nõrgas vastuses ühtki viga pole leidnud, võib ka ise halva hinde saada.

3. Õpetaja võib klassi ees vastava õpilase jutustuse või selgituse katkestada ja vastaja kohale saata. Keegi klassis istujaist ei tea ette, kellel tuleb jutustust või seletust jätkata.

Kui õpetaja kõik, mis eespool öeldud, ellu viib, ei tarvitse tal seda õpilastele palju selgitada. On õpilane klassi ette kutsutud, tekib klassis asjalik vaikus. Õpilased istuvad, sulepea käes, et iga kaasõpilase vastuses märgatud viga registreerida, ja kuulavad tähelepanelikult. Õpetaja võib pisut kõrvale tõmbuda. Ta istub näiteks viimases pingis, rahutuma klassi puhul aga seisab klassi kõrval. Õpetajal võiks olla märkmik ja pliiats käes, sest ka tema mälu on mõnikord petlik. See on ühtlasi hea vahend vahelesegamise soovi vastu võitlemiseks.

Õpilase vastust võib katkestada ainult erandjuhtumitel. Näiteks: «Sa räägid liiga tasa, sinu vastust pole kuulda.» — «Palun katkesta hetkeks, keegi kaasõpilastest segab! Ootame kuni ta rahuneb.» — «Sa rääkisid praegu väävelhappe asemel eelmises tunnis õpitud soolhappest. Alusta uuesti, veendume, kas sa tõesti ei oska või eksisid kogemata.» — «Sinu vastus ei vääri rahuldavat hinnet, mine kohale. Vastama tuleb . . .»

Õpilane peab suulise vastamise ajal tingimata märkima vajalikud valemid ja reaktsiooni võrrandid tahvlile. Seal peab olema nii palju ruumi, et kirjutatu jääks kuni vastuse hindamiseni tahvlile.

Kui õpilase individuaalseks vastuseks on kirjalik töö, s. o. ülesande lahendamine või harjutus, tuleb võimaluse korral nõuda selle suulist kommenteerimist. Sama kehtib praktilise töö kohta: õpilane kirjeldab, mida ta teeb, ja selgitab, miks ta nii teeb. Head, ladusat ja sisukat kommenteerimist on veelgi raskem saavutada, kui vaba jutustust. Õpetaja peab olema suulise kommentaari nõudmisel väsimatu, ta peab ka ise alati selgitama, kui tahvlile valemeid, võrrandeid või ülesannete lahendusi kirjutab.

Et õpilased, kes individuaalse kontrolli ajal on pealtkuulaja osas, ei jääks passiivseks ega otsiks kõrvalist tegevust, tuleb õpetajal nende suhtes esitatud nõudmised algusest peale resoluutselt ellu viia ja seda, kuidas nad kaasõpilaste vastuseid analüüsivad ja kritiseerivad, hindamisel arvesse võtta.

Mõnikord on vaja anda kontrollitavale õpilasele aega vastuse ettevalmistamiseks. Vastus võib olla pikem ja keerukam, nõuab võib-olla isegi kava koostamist. Teinekord on vaja teha ettevalmistusi vastuses nõutava katse demonstreerimiseks. On ülesandeid, mille lahendamise käigus on rohkesti mehhaanilist tööd (näiteks molekulmasside arvutamine 8. klassis), mis kaasõpilastele enam huvi ei paku. Arvestada tuleb ka õpilase individuaalsust: aeglasema reageerimisega, halvema jutustamisoskusega õpilastele tuleb anda aega oma vastuse läbimõtlemiseks. Kui üks õpilane valmistub individuaalseks vastuseks, pole teistel võimalik tema tööst osa võtta ja neile tuleb leida muud tööd. Mõtleb mõni õpilastest eelseisva vastuse kava üle järele, võib õpetaja senikaua klassiga vestelda. Kui kontrollitav lahendab tahvlil ülesannet, mille arvutuste käik klassile suuremat huvi ei saa pakkuda, võib õpetaja anda klassile lahendada teisi ülesandeid. Valmistab keegi õpilastest ette katset või lahendab eksperimentaalset ülesannet, võivad klassikaaslased jällegi olla rakendatud harjutuse sooritamisele või ülesannete lahendamisele.

Et kontrollimise sagedust suurendada, võib individuaalsele kontrollimisele rakendada üheaegselt 3—4 õpilast: kuni üks jutustab, sooritavad teised eksperimentaalülesandeid jne. Ärgem unustagem, et individuaalne kontroll võib olla ka kirjalik. Mahajäänud õpilaste kontrollimiseks on see tingimata vajalik. Sai õpilane eelmises tunnis puuduliku hinde, peab ta järgmises tunnis sama osa vastama, nüüd juba kirjalikult. Õpilastele, kes kipuvad lohakalt suhtuma koduste ülesannete lahendamisse, tuleb anda kirjalikke individuaalseid ülesandeid, mis on sarnased kodus tehtud ülesannetega.

Selline individuaalne kontrollimine, kus üheaegselt rakendatakse tööle mitu õpilast, et neid kõiki hiljem hinnata, on kutsunud esile mitmete õpetajate ja metoodikute vastuväiteid. Leitakse, et õpilane olevat tihendatud kontrolliga klassi üldisest tööst kõrvale jäetud. Õppetöö individualiseerimine aga just seda eeldabki, et me ei paku kõigile õpilastele absoluutselt ühesugust tegevust, vaid püüame seda valida diferentseeritult, olenevalt õpilase võimetest ja teistest psüühilistest omadustest. Õpetaja peab teadma, millest on õpilasel antud momendil rohkem kasu: kas sellest, kui ta kuulab kaasõpilase jutustust või lahendab ülesannet, kui ta jälgib katse sooritamist teise õpilase

poolt või harjutab reaktsiooni võrrandite kirjutamist. Vajadustest ja õpilase võimetest lähtudes tulebki valida talle tunnis sobiv tegevus.

Ükskõik, millisel teemal õpilane vastas, milline oli tema vastuse laad (jutustus, ülesande või eksperimentaalülesande lahendamine) ja kuidas ta vastamisega toime tuli, tuleb ikka kontrollida ka tema teadmisi varem õpitud teemade sõlmküsimustest. Kui õpilasele antud ülesanne ise ei sisalda võimalust saada tema teadmistest ulatuslikumat ülevaadet, tuleb varemõpitu kontrolliks lisada juurde eriküsimused. Neid küsimusi võib esitada õpetaja ise, nende esitamise võib teha ka ülesandeks kaasõpilastele. Mõnedel õpetajatel on raudvara küsimused ükshaaval sedelikestele välja kirjutatud. Pärast õpilase vastuse ärakuulamist annab õpetaja vastanud õpilasele paar-kolm kaardikest, millelt loetud küsimustele ta peab vastama.

Olgu individuaalse kontrolli organiseerimise üheks näiteks 7. klassis toimuv tund, kus kontrollitakse õpilaste teadmisi teemade «Hapniku saamine» ning «Ekso- ja endotermilised reaktsioonid» kohta.

Tunni algul kutsub õpetaja ühe õpilase demonstratsioonilaua juurde ja annab talle sedelikese ülesandega: «Valmista kaaliumpermanganaadist hapnikku, kogu seda katseklaasi ja tõesta, et see on hapnik.» Õpilane loeb ülesande läbi ja asub selle täitmiseks ettevalmistusi tegema.

Vahepeal rakendab õpetaja tööle ülejäänud klassi: ta vestleb õpilastega hapnikust, selle omadustest, leidumisest looduses jne. Ta küsib, milliseid hapniku looduslikke ühendeid nad mäletavad. Mõnede hapnikku sisaldavate ainete valemid märgib ta tahvlile (õpilastel pole vaja neid teada). Näiteks:

SiO_2	Al_2O_3	$Ca(NO_3)_2$
$CaSO_4$	$CaCO_3$	Na_2SO_4
$NaNO_3$	$Ca_3(PO_4)_2$	Fe_2O_3

Kolm õpilast kutsutakse tahvli juurde, igaüks arvutab kolme aine molekulmassi.

Eelmises tunnis õpiti ekso- ja endotermilisi reaktsioone. Enamik õpilasi omandas selle teema kergesti ja õpetaja ei pea vajalikuks lasta seda veel kord klassis üle jutustada. Ent õpetaja märkas, et 3 õpilast ei töötanud eelmises tunnis kogu klassiga hästi kaasa. Ta hoiatas, et neil tuleb klassis tegemata jäänud töö kodus ära teha ja lubas

nende teadmisi kontrollida. Nüüd annab ta igaühele vihikulehe suuruse paberi, millele on varem valmis kirjutatud küsimused.

1. *Iseloomusta endo- ja eksotermilisi reaktsioone.*
2. *Mida nimetatakse keemiliseks reaktsiooniks?*
3. *Too näiteid lagunemis- ja ühinemisreaktsioonide kohta.*

Õpilased istuvad esimestesse pinkidesse ja asuvad kirjalikult vastama.

Kogu klassile tehakse ülesandeks jälgida katset sooritavat õpilast ja kuulata tema seletusi. Eksperimentaalülesannet täitev õpilane on oma ettevalmistustega jõudnud nii kaugele, et võib hapnikku koguda ja tõestada.

On katse lõppenud, saab klass ülesandeks kontrollida molekulkaalude arvutusi tahvlil.

Klassi ees seisvale neljale õpilasele esitatakse lisaküsimusi.

Mis on oksüdeerumine?

Mille poolest erinevad lihtained liitainetest?

Mis on metallide ja mittemetallide erinevuseks? jne.

Neile neljale õpilasele pannakse kohe hinne, ülejäänud kolme kirjalikke vastuseid kontrollib õpetaja hiljem ja teatab hinded järgmises tunnis.

Teise näitena käsitleme tundi, milles kontrollitavaks teemaks on «Vask».

Õpetajal on neli sedelikest järgmiste ülesannetega.

1. *Kirjuta tahvlile võrrandid järgmiste muundumiste kohta:*

$$CuSO_4 \rightarrow Cu(OH)_2 \rightarrow CuO \rightarrow CuSO_4.$$

2. *Saa vasksulfaadist vask(II)hüdroksiidi ja arvuta, mitu grammi naatriumhüdroksiidi kulub 0,49 kilogrammi vask(II)hüdroksiidi saamiseks.*
3. *Leia, mitu grammi vaske võib saada kahest kilogrammist 4%-lisest vasksulfaadi lahusest selle reageerimisel rauaga.*
4. *Arvuta, kui palju vesinikku kulub 4 kg vask(II)oksiidi taandamisel vaseks.*

Klassi ette kutsutakse neli õpilast, igaüks saab ühe ülesande ja asub selle täitmisele.

Viiendale õpilasele tehakse ülesandeks jutustada vasest.

Kui klassitahvel on küllalt suur, võivad kõik neli õpilast oma kirjalikud ülesanded lahendada tahvlil. Parem

on siiski, kui kaks viimast ülesannet lahendatakse paberile ja õpetaja kontrollib ning hindab neid väljaspool tundi. Sel puhul peab kahele viimasele ülesandele olema lisatud ka vajalikud lisaküsimused.

Kuni neli õpilast on oma ülesannete lahendamisega tegevuses, kuulab klass jutustust vasest.

Pärast seda, kui individuaalsed vastused on ühiselt läbi arutatud ja kontrollitavad õpilased ka lisaküsimustele vastanud, teatab õpetaja hinded.

Lisaküsimused võiksid olla järgmised.

1. *Mis on termiit?*
2. *Mida nimetatakse sulfiidiks? Mida nimetatakse sulfitiks?*
3. *Mille abil saab metalle kaitsta korrosiooni eest?*
4. *Mille poolest erinevad aluselised oksiidid happelistest?* Jne. jne.

3. KONTROLLTÖÖD.

Aeg-ajalt on vaja kontrollida kõikide õpilaste teadmisi üheaegselt ja põhjalikult. Teadmiste kontrollimise kõige objektiivsemaks viisiks on ikkagi kontrolltöö.

Kontrolltöö võimaldab kõige paremini saada ülevaadet õpilaste oskustest ja teadmistest keemilise sümboolika ja nomenklatuuri kasutamise alal, ta võimaldab näidata õpilastel oma teadmisi plaanide, jooniste ja skeemide kaudu ning on otstarbekas ülesannete lahendamisoskuse kontrolliks.

Liiga sageli ei tuleks nõuda õpilastelt kirjalikes kontrolltöödes pikki sõnalisi seletusi.

Kontrolltöid süstematiseeritakse nende pikkuse alusel: lühikesed (10—15 minutit) ja terve tunni kestvad. Esimesi nimetatakse praktikas «tunnikontrollideks», sest lühikese ajavahemiku jooksul vastamiseks planeerib õpetaja tavaliselt ikka ainult viimases tunnis (või mõne viimase tunni jooksul) saadud uute teadmiste kontrollimise. Tegelikult võib 15—20-minutilisi töid korraldada ka õppeaine ulatuslikuma lõigu kontrolliks. Vahetevahel tuleb teha raudvara kontrolli või lasta lahendada 2—3 ülesannet 15—20 minuti pikkuse kontrolltöö kujul.

Kontrolltööks kulutatud aja hulk pole nende liigitamise alusena määrav. Kontrolltööde erinevused seisnevad ikkagi nende sisus.

On mõningaid teemasid, mille käsitlemisele järgneval tunnil peaks õpetaja kohe veenduma, kas kõik õpilased omandasid vajalikud teadmised. Õpilastele võib kohe õppimise ajal teatada, et õpitakse nii olulist lõiku keemiast, mille väga hea tundmine on kõigile vajalik; seetõttu kontrollitakse järgmises tunnis kõiki õpilasi.

Tingimata tuleks kontrollida kõiki õpilasi elementide sümbolite ja nimetuste tundmises kohe pärast seda, kui neid õpiti. On vaja taotleda, et poleks ühtegi õpilast, kes eksiks 7. klassi õpikus antud sümbolite kirjutamises. Kui keemia õpetaja lubab eksida sümbolite kirjutamisel, võrdub see olukorraga, kus algklasside õpetaja ei õpeta kõigile lastele selgeks tähti.

Sümbolite tundmise kontrolliks võib korraldada testi, s. o. jagada õpilastele paberilehed, millele on kirjutatud 10—15 keemilise elemendi nimetust. Õpilased kirjutavad samadele lehtedele keemiliste elementide sümbolid. Kui õpetajal puudub võimalus tekstide paljundamiseks, võib tööd organiseerida vähese ajakuluga ka teisiti. Õpetaja kirjutab elementide sümbolid tušiga rediskirjas 10×10 cm^2 suurustele kaardikestele ja elementide nimetused 10×30 cm^2 suurustele sedelitele. Kui õpilased on end kirjutamiseks valmis seadnud, tõstab õpetaja üles kaks sedelit (ühes käes ühele rühmale, teises käes teisele), nii et õpilastele sedelil märgitu hästi nähtav on. Kui õpetaja näitab sümbolit, kirjutavad õpilased nimetuse, tõstab õpetaja käe sedeliga, millele on kirjutatud elemendi eestikeelne nimetus, märgivad õpilased sümboli. Nii näitab õpetaja vaikides kummalegi rühmale 10 sümbolit ja 10 nimetust. Niipea kui õpetaja langetab käed viimaste kaartidega, korjavad pingirea viimased õpilased tööd kokku.

Niisama oluline on õpetajal saada ülevaade ka kõigi õpilaste oskusest valentsi järgi valemeid koostada ja valemite alusel valentsi leida. Kantavale tahvlile kirjutatult või igale õpilasele paljundatult annab õpetaja valentsi kohta järgmised lihtsad harjutused.

I variant.

1. Määra valents;

Cl_2O_7, H_2S, NO_2, SO_3, ZnO.

2. Kirjuta valemid:

II IV I III III
Mg O, S O, N O, Fe O, N H.

3. Koosta struktuurivalemid:

CH_4, Al_2O_3, CO_2.

II variant.

1. Määra valents:

PbO, SiH_4, Al_2O_3, CO_2, N_2O.

2. Kirjuta valemid:

I V II II III
K O, N O, H S, Fe O, Fe O.

3. Koosta struktuurivalemid:

NH_3, P_2O_5, NO_2.

III variant.

1. Määra valents:

P_2O_3, Ag_2O, CuO, NO_2, NH_3.

2. Kirjuta valemid:

IV II III I IV
Pb O, Pb O, N O, N O, C H.

3. Koosta struktuurivalemid:

Fe_2O_3, SO_3, H_2S.

IV variant.

1. Määra valents:

CO, CO_2, HCl, Cl_2O, Cl_2O_5.

2. Kirjuta valemid:

I III V VI II
Ag O, P O, P O, S O, H S.

3. Koosta struktuurivalemid:

Na_2O, N_2O_5, H_2O.

Pärast molekulkaalu arvutamise küllaldast harjutamist tahab õpetaja veenduda, millist vilja on kandnud tema ja õpilaste ühised pingutused. Ta organiseerib kontrolltöö nii, et see oleks ühtlasi ka keemiliste sümbolite ja elementide nimetuste kontrolliks.

I variant.

Kirjuta molekulivalemid ja arvuta molekulmassid, kui ainete koostis on järgmine:

1) 1 aatom vesinikku, 1 aatom lämmastikku, 3 aatomit hapnikku;

2) 2 aatomit naatriumi, 1 aatom süsinikku, 3 aatomit hapnikku;

3) 1 aatom räni, 2 aatomit hapnikku;

4) 3 aatomit kaltsiumi, 2 aatomit fosforit;

5) 1 aatom tsinki, 1 aatom väävlit, 4 aatomit hapnikku.

II variant.

Kirjuta molekulivalemid ja arvuta molekulmassid, kui ainete koostis on järgmine:

1) 2 aatomit vesinikku, 1 aatom väävlit, 4 aatomit hapnikku;

2) 2 aatomit naatriumi, 1 aatom räni, 3 aatomit hapnikku;

3) 1 aatom süsinikku, 2 aatomit hapnikku;

4) 1 aatom lämmastikku, 4 aatomit vesinikku, 1 aatom kloori;

5) 1 aatom kaaliumi, 1 aatom mangaani, 4 aatomit hapnikku.

Selle kontrolltöö ajal peaks õpilaste käsutuses olema aatomkaalude tabel, millel puuduvad sümbolid, või tuleb vajalikud aatomkaalud kirjutada tahvlile.

Valemite kirjutamise oskus täieneb kiiresti, sellele lisandub varsti vajadus keemiliste reaktsioonide väljendamiseks keemilise sümboolika abil. Õpetaja peab aeg-ajalt kontrollima, kuidas on paranenud õpilaste oskus koostada valemeid ja võrrandeid, milliseid lünki on sel alal õpilaste teadmistes, millised õpilased kipuvad oma teadmiste poolest teistest maha jääma. Sedaliiki kontrolltööd ei võta kaua aega: 15—20 minuti jooksul on nad tehtud. «Tunnikontrollideks» oleks neid ometi aga vale nimetada, sest nende abil kontrollitakse tegelikult pika aja jooksul omandatud küllalt komplitseeritud teadmisi.

Hapete õppimise ajal võiks korraldada järgmise lühitöö:

I variant.

1. Koosta reaktsiooni võrrandid;

a) väävelhape ja naatriumalus;

b) fosforhape ja kaalium;

c) soolhape ja kaltsiumoksiid;
d) väävelhape ja baariumkloriid.
2. *Mida nimetame neutraliseerimisreaktsiooniks?*
3. *Millised happed on tööstuses kõige tähtsamad?*

II variant.

1. *Koosta reaktsiooni võrrandid:*
a) soolhape ja magneesiumalus;
b) lämmastikhape ja kaltsiumoksiid;
c) fosforhape ja naatrium;
d) väävelhape ja naatriumkloriid.
2. *Selgita vahetusreaktsiooni olemust.*
3. *Nimeta taimedes leiduvaid happeid.*

Alljärgnevalt näide kontrolltööst, mis võrrandite ja valemite koostamise oskuse kontrollimiseks tehakse pärast aluste käsitlemist.

I variant.

1. *Koosta reaktsiooni võrrandid:*
a) magneesiumsulfaat ja naatriumalus;
b) alumiiniumkloriid ja baariumalus;
c) soolhape ja kaltsiumalus;
d) fosforhape ja kaaliumalus;
e) naatriumhüdroksiid jaränidioksiid;
f) kaaliumhüdroksiid ja difosforpentoksiid.
2. *Millised ained peavad olema keemia laboratooriumi esmaabikapis?*
3. *Mis toimub lubjaga, kui lubimört kivistub?*

II variant.

1. *Koosta reaktsiooni võrrandid:*
a) vasksulfaat ja kaaliumalus;
b) raud(III)kloriid ja kaltsiumalus;
c) väävelhape ja naatriumalus;
d) lämmastikhape ja alumiiniumalus;
e) naatriumhüdroksiid ja vääveldioksiid;
f) baariumhüdroksiid ja difosforpentoksiid.
2. *Mida tuleb silmas pidada soolhappe ja seebikivi säilitamisel?*
3. *Kuidas saadakse tahket, kuidas vedelat seepi?*

Kui on lõppenud ulatuslikuma teema käsitlemine, on läbi viidud ka kordav tund ja õpetaja peab vajalikuks kõigi

õpilaste teadmiste hindamist, korraldab ta kogu teema kohta kontrolltöö, milles on küsimused esitatud nii, et võimaldaksid saada ülevaadet õpilaste teadmistest võimalikult mitmekülgselt. Sellisest tööst ei jää välja ka pikemad teemad, mis nõuavad refereerivat laadi vastuste andmist. Nende kirjutamine ja ka kontrollimine on küll aeganõudvad, kuid nad aitavad mõnevõrra kaasa õpilaste üldise kirjaliku väljendusoskuse arendamisele. Keemia õpetaja on kohustatud nendes töödes parandama ka keelelised vead ning töö hindamisel nende hulka isegi mõnevõrra arvestama.

Toome mõned näited ka taoliste kontrolltööde kohta.

Lahused.

I variant.

1. *Millega saab kiirendada lahustumist? Miks?*
2. *Nimeta praktiliselt lahustumatuid aineid. Seleta, mida see tähendab.*
3. *Millest koosneb lahus?*
4. *Mida nimetame lahustuvuseks?*
5. *Mitme %-line on lahus, mis on valmistatud 23 g veest ja 2 g soolast?*
6. *Kui suur oli lahuse hulk, kui ta oli 8%-line ja tema aurustamisel saadi 24 g ainet?*
7. *Kui palju soola võib saada 40 g 8%-lise lahuse aurustamisel?*

II variant.

1. *Iseloomusta lahustumise protsessi molekulaarteooria seisukohalt.*
2. *Mille poolest erinevad küllastunud ja küllastumata lahused?*
3. *Nimeta hästi lahustuvaid aineid.*
4. *Loetle tähtsamaid lahusteid.*
5. *Kui suur on lahuse kontsentratsioon, kui lahus on saadud 2 g soola ja 48 g vee segamisel?*
6. *Kui palju suhkrut võib saada 400 g 20%-lise lahuse aurustamisel?*
7. *Kui palju on lahust, kui ta kontsentratsioon on 5% ja lahustunud ainet on temas 15 g?*

Mineraalväetised.

I variant.

1. *Ammooniumväetised (koostis, omadused, määramine, tähtsamad esindajad).*
2. *Milles seisnevad granuleeritud väetiste eelised?*
3. *Kui palju ammooniumfosfaati kulub 25 ha suuruse juurviljapõllu väetamiseks, kui 1 hektari fosforivajadus on 35 kg?*
4. *Kui suures kaaliumsulfaadi koguses on 390 kg kaaliumi?*
5. *Kirjuta reaktsiooni võrrandid:*
   a) kaltsiumnitraat ja alumiiniumsulfaat;
   b) kaaliumalus ja vääveldioksiid;
   c) raud(III)oksiid ja väävelhape.
6. *Milliste ainetega reageerivad alused?*

II variant.

1. *Nitraatväetised (koostis, omadused, määramine, tähtsamad esindajad).*
2. *Milliseid mineraalväetisi toodab Maardu Keemiakombinaat?*
3. *Kui palju kaaliumkloriidi kulub 10 ha suurusele põllule, kui 1 hektarile peab andma 50 kg kaaliumi?*
4. *Kui suures kaltsiumfosfaadi koguses on 12,4 t fosforit?*
5. *Kirjuta reaktsiooni võrrandid:*
   a) raud(III)kloriid ja baariumnitraat;
   b) naatriumalus ja süsinikdioksiid;
   c) kaltsiumoksiid ja fosforhape.
6. *Milliste ainetega reageerivad happed?*

Raud.

I variant.

1. *Korrosioonikindlad metalsed kaitsekihid.*
2. *Kirjelda kõrgahjuprotsessi.*
3. *Arvuta, kui palju kulus punast rauamaaki 280 t raua saamiseks, kui maagis on 80% Fe_2O_3.*
4. *Kui palju vesinikku võib tekkida 8 g raua reageerimisel kuuma veeauruga?*
5. *Kirjuta reaktsiooni võrrandid:*

$$Fe(OH)_2 \rightarrow FeO \rightarrow FeCl_2.$$

II variant.

1. *Korrosioonikindlad mittemetalsed kaitsekihid.*
2. *Selgita, kuidas toimub terase tootmine martäänmenetlusel.*
3. *Arvuta, mitu % oli malmis süsinikku, kui 200 t malmi vabastamiseks süsinikust kulus 16 t hapnikku.*
4. *Raud reageeris 400 g 18%-lise soolhappe lahusega. Kui palju tekkis raud(II)kloriidi?*
5. *Kirjuta reaktsiooni võrrandid:*

$$Fe \rightarrow FeSO_4 \rightarrow Fe(OH)_2.$$

Tuleks sagedamini korraldada kontrolltöid, milles kontrollitakse ainult harjutuste sooritamise ja ülesannete lahendamise oskust.

I variant.

1. *Kirjuta reaktsiooni võrrandid järgmiste muundumiste kohta:*

$$FeO \rightarrow FeSO_4 \rightarrow Fe \rightarrow Fe_3O_4.$$

2. *Kui palju sadet tekib 41,4 g baariumkloriidi reageerimisel väävelhappega?*
3. *Kui palju kaltsiumalust peab reageerima fosforhappega, et saada 155 kg kaltsiumfosfaati?*
4. *Rauamaak sisaldab 90% Fe_3O_4. Kui palju rauda võib saada 80 tonnist sellisest maagist?*

II variant.

1. *Kirjutada reaktsiooni võrrandid järgmiste muundumiste kohta:*

$$Fe_2O_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 \rightarrow Fe(OH)_3.$$

2. *Kui palju sadet tekib 34 g hõbenitraadi reageerimisel soolhappega?*
3. *Palju läheb tarvis tsinki, et fosforhappest välja tõrjuda 12 g vesinikku?*
4. *Rauamaak sisaldab 80% Fe_3O_4. Kui palju rauda võib saada 50 tonnist sellisest maagist?*

4. ÕPILASE ENESEKONTROLLI VÕTETEST.

Kontrollimine peab kasvatama õpilases enesekriitikat, võimet ise oma teadmistes puudusi mõista ja oma tugevaid külgi märgata. Sageli kohtame õpilasi, kes pärast

kontrolltööd närveerivad ja oma tööd ebaõnnestunuks peavad, kuigi nende tööd sugugi nõrgemate hulka ei kuulu. Vastupidine — õpilase rahulolu töö tulemustega, mis hiljem kontrollimisel nõrkadeks osutuvad — on veelgi sagedasem. Igapäevases koolitöös esineb ka õpilaste solvumist õpetaja poolt pandud hinde pärast.

Õpilasi saab õpetada hindamise objektiivsust õigesti tunnetama sellega, kui õpetaja selgitab lühidalt hindamise kriteeriume: «Väga hea hinde saab see õpilane, kes kogu teema täiesti iseseisvalt jutustab ja jutustuse käigus vigu ei tee. Kui kirjutate kõik 10 valemit veatult, on hinne «5», iga viga viib aga hinde ühe palli võrra alla.»

Kui õpilane on klassi ees vastamise lõpetanud, tuleb anda klassikaaslastele võimalus tema vastuse hindamiseks ja retsenseerimiseks. Tuleb suunata õpilasi vastust arutama: «Millise hinde talle paneksime? Miks? Mis oli tema vastuses head? Mis ei meeldinud selles vastuses?» jne.

Mõnikord võib lasta õpilastel vastastikku koduseid töid või klassis kirjutatud harjutusi kontrollida.

Huvitavaks kontrollimise võtteks on viktoriinide korraldamine tunnis. Mingi teema kohta esitatakse kümmekond huvitavat küsimust. Küsimused võib koostada õpetaja või rühm õpilasi. Kõige käepärasem on need klassile esitada kantava tahvli vahendusel. Õpilased vastavad küsimustele kas suuliselt või kirjalikult, hinnangu vastustele annab õpilastest koosnev žürii.

Kõik kirjeldatud võtted aitavad kaudselt kaasa õpilastes õigete kriteeriumide kujunemisele ja enesekriitika arenemisele, ent otsest õpilase enda kontrollimist nad ei võimalda.

Kontrolltöö ettevalmistamise ajal võib õpetaja anda õpilastele väliku ülesandeid, analoogilisi neile, mida sisaldab kontrolltöö, ja lisada sellele hindamisjuhendi. Juhend võib olla antud punktisüsteemis — mitu punkti iga ülesande eest saab ja milline punktide skaala vastab viiepallilisele hindamissüsteemile.

Võib aga toimida veelgi lihtsamalt. Õpetaja annab õpilastele lahendamiseks allpool esitatud 5 ülesannet ja lisab seletuseks: «Kes lahendab ära kõik 5 ülesannet ja vigu ei tee, saab hindeks «5». Kellel jääb viimane ülesanne lahendamata, teiste ülesannete lahendamisel aga eksitusi ei ole,

saab hindeks «4». Kui jääb lahendamata üks esimestest ülesannetest ja teistes ka veel vigu ette tuleb, on hinne «3». Kes esimesest neljast ülesandest kahega toime ei tule, peab hinde «2» vastu võtma.»

Õpilastele antakse järgmised ülesanded.

1. *Kui palju seebikivi saadakse 500 g 5%-lise lahuse aurustamisel?*
2. *Kui palju 5%-list lahust saab valmistada 1,5 grammist kaaliumjodiidist?*
3. *Kui palju kaaliumjodiidi ja vett tuleb võtta 25 g 10%-lise lahuse valmistamiseks?*
4. *Kui suur on lahuse kontsentratsioon, kui lahus saadi 182 g vee ja 18 g soola segamisel?*
5. *Oli 150 g 5%-list lahust. Sellele lisati 150 g vett. Milline on lahuse kontsentratsioon nüüd?*

Mõnikord võib õpilastele anda võimaluse ise oma teadmisi kontrollida ja hinnata. Kirjeldame üht sellist võtet.

Õpilastele antakse 10 kordamisküsimust ja märgitakse iga küsimuse juurde punktide arv, mida õpilane sellele küsimusele vastamise eest võib saada.

1. *Tuua näiteid, mis tõestavad molekulide liikumist. (3, kui on esitatud 3 näidet)*
2. *Nimetada 3 nähtust, mis tõestavad molekulidevahelise jõudude olemasolu. (3)*
3. *Tuua 2 näidet molekulidevahelise ruumi olemasolu tõestuseks. (3)*
4. *Mis on a) keemiline elemnet, b) lihtaine, c) liitaine? (3 — ainult siis, kui on toodud ka näited)*
5. *Seletada ja tuua näiteid segu ning puhta aine kohta. (2)*
6. *Seletada füüsikaliste ja keemiliste nähtuste erinevusi. (2)*
7. *Iseloomustada lagunemis- ja ühinemisreaktsiooni. (2)*
8. *Selgitada molekulaar-atomistliku teooria põhjal tahke, vedela ja gaasilise aine erinevusi. (2)*
9. *Mida nimetatakse aatommassiks? (1)*
10. *Mida mõistetakse süsinikuühiku all? (1)*

Õpilased saavad sedelid, millele on kirjutatud võimalik punktide arv.

1. (3)
2. (3)
3. (3)
4. (3)
5. (2)
6. (2)
7. (2)
8. (2)
9. (1)
10. (1)

Kokku: 22

Tahvlile märgitakse hindamisjuhend:

22—21 punkti «5»
20—17 punkti «4»
17—13 punkti «3»
12 ja vähem «2»

Õpilased mõtlevad 15 minutit, märgivad sedelikestele võimalikud punktide arvud, arvestavad need kokku ja panevad endale hinde. Õpetaja kogub sedelid ja kontrollib pisteliselt iga õpilast. Kui õpilane teab paremini, kui ta oletas, tõstab õpetaja punktide arvu. Avastab õpetaja ilmse võltsmise, alandatakse hinne. Tunni lõpul kannab õpetaja hinded klassipäevikusse.

Parima enesekontrolli võimaluse annavad muidugi programmeeritud õpetamise mitmesugused meetodid ja õpetamisseadmed. Olgu siinkohal näiteks toodud kaks harjutust, mis võimaldavad kasutada enesekontrolliks perfoplaati.

1. harjutus.

I. Raud(III)kloriid reageerib: 1) vasega, 2) klooriga, 3) elavhõbedaga, 4) süsihappegaasiga, 5) naatriumhüdroksiidiga.

II. Soolhape reageerib: 1) vääveltrioksiidiga, 2) hõbedaga, 3) väävelhappega, 4) tsingiga, 5) baariumkloriidiga.

III. Väävelhape reageerib: 1) soolhappega, 2) magneesiumsulfaadiga, 3) magneesiumkloriidiga, 4) süsinikdioksiidiga, 5) vääveltrioksiidiga.

IV. Vääveldioksiid reageerib: 1) vasega, 2) tsingiga, 3) väävelhappega, 4) kaltsiumoksiidiga, 5) ränidioksiidiga.

V. Naatriumalus reageerib: 1) vasksulfaadiga, 2) vask(II)hüdroksiidiga, 3) vask(II)oksiidiga, 4) kaltsiumiga, 5) kaltsiumhüdroksiidiga.

VI. Kaltsiumoksiid reageerib: 1) magneesiumoksiidiga, 2) difosforpentoksiidiga, 3) vasega, 4) vask(II)-oksiidiga, 5) magneesiumhüdroksiidiga.

VII. Tsink reageerib: 1) kaaliumnitraadiga, 2) plii(II)-nitraadiga, 3) plii(II)sulfaadiga, 4) raud(II)oksiidiga, 5) raud(II)hüdroksiidiga.

VIII. Vask reageerib: 1) raud(III)kloriidiga, 2) hõbekloriidiga, 3) hõbenitraadiga, 4) hõbeoksiidiga, 5) hõbehüdroksiidiga.

IX. Vask(II)alus reageerib: 1) naatriumhüdroksiidiga, 2) naatriumnitraadiga, 3) naatriumoksiidiga, 4) väävelhappega, 5) hõbedaga.

X. Süsinikdioksiid reageerib: 1) naatriumhüdroksiidiga, 2) naatriumnitraadiga, 3) lämmastikdioksiidiga, 4) väävelhappega, 5) hõbedaga.

2. harjutus.

I. Sinine kristalliline aine, lahustub hästi vees, saadud lahusesse pandud raudnael kattub punaka kihiga: 1) naatriumkloriid, 2) magneesiumsulfaat, 3) vask(II)oksiid, 4) vask(II)hüdroksiid, 5) vask(II)sulfaat.

II. Valge tahke aine, mille lahus teeb sõrmed libedaks ja muudab fenoolftaleiini punaseks; soolhappega reageerides annab soola, mida kasutatakse rohkesti väetisena: 1) naatriumkloriid, 2) naatriumsulfaat, 3) magneesiumhüdroksiid, 4) kaaliumhüdroksiid, 5) kaltsiumalus.

III. Värvuseta ja õhust raskem gaas, annab lubjaveega reageerides valge sademe: 1) hapnik, 2) lämmastik, 3) süsinikdioksiid, 4) vääveldioksiid, 5) vesinik.

IV. Värvuseta vedelik, mis muudab lakmuse punaseks ja annab hõbenitraadiga reageerides valge sademe: 1) vesi, 2) väävelhape, 3) keedusoola lahus, 4) soolhape, 5) lämmastikhape.

V. Valge tahke aine, on saadud naatriumaluse reageerimisel ühe happega, lahustub hästi vees, lahuses tekib hõbenitraadi lahuse lisamisel valge sade: 1) naatriumkloriid, 2) kaaliumkloriid, 3) naatriumsulfaat, 4) naatriumhüdroksiid, 5) naatriumnitraat.

VI. Värvuseta vedelik, väga sööbiv, baariumkloriidi lahuse toimel annab valge sademe: 1) lämmastikhape, 2) väävelhape, 3) soolhape, 4) keedusoola lahus, 5) naatriumaluse lahus.

VII. Värvuseta vedelik, muudab fenoolftaleiini punaseks, tekitab raua soolade lahusesse valamisel sültja sademe: 1) väävelhape, 2) naatriumaluse lahus, 3) naatriumkloriidi lahus, 4) soolhape, 5) baariumkloriidi lahus.

VIII. Metall, mille oksiidi kasutatakse valge värvimullana ja mis võib rauda tema ühendeist välja tõrjuda: 1) kaltsium, 2) alumiinium, 3) tsink, 4) hõbe, 5) vask.

IX. Valge tahke aine, mis lahustub vees väga vähe, mille vesilahus muudab lakmuse siniseks ja mille vesilahuses süsinikdioksiidi toimel ilmub valge sade: 1) kaltsiumsulfaat, 2) kaltsiumkarbonaat, 3) kaltsiumnitraat, 4) kaltsiumhüdroksiid, 5) kaaliumhüdroksiid.

X. Oksiid, mille lahustamisel lämmastikhappes saame soola lahuse, milles vask kattub hõbedase kihiga: 1) elavhõbeoksiid, 2) pliioksiid, 3) tsinkoksiid, 4) alumiiniumoksiid, 5) naatriumoksiid.

Esitatud harjutuste sooritamise eest on õpetajal võimalus õpilasi hinnata, kui ta kogub pistikplaatide vahepaberid ja loeb neilt tühjade torgete arve. Selline hinne pole aga eriti kaalukas. Sedalaadi harjutused sobivad enam teadmiste kinnistamiseks ja õpilaste enesekontrolliks.

IV. KEEMIA KABINET JA SELLE SISUSTUS.

1. RUUMID.

Keemia tundide läbiviimiseks on nii kesk- kui ka 8-klassilises koolis vajalikud spetsiaalsed ruumid. Keskkoolis on selleks keemia kabinet: klass-laboratoorium koos ettevalmistusruumi ja laoga. 8-klassilises koolis ei ole otstarbekas isegi kahe-kolme paralleelklassi olemasolu korral sisustada spetsiaalset ruumi ainult 8—12 nädalatunni jaoks. Seepärast tuleks 8-klassilises koolis sisustada ühine klass-laboratoorium füüsika ja keemia õpetamiseks. Väiksemates koolides võiks nimetatud ruumi kasutada ka bioloogia tundideks. Lihtne arvestus näitab, et ka kahe paralleelklassi olemasolu korral suudetakse taolises loodusteaduste klassis läbi viia kõik nimetatud ainete tunnid, kuid siin tekib mitmeid teisi raskusi. Peamiseks ebamugavuseks on asjaolu, et kemikaalide aurud kahjustavad nii füüsika täppismõõteriistu kui ka bioloogia õppevahendina vajalikku faunat ja floorat. Seepärast on ühendatud klass-laboratooriumi korral vajalikud mitmed väiksemad kõrvalruumid, mis võimaldaksid eraldi säilitada nii kemikaale, füüsika tunni inventari kui ka elavnurka.

Loodusteaduste kabinet peaks sisaldama seega vähemalt nelja ruumi: klass-laboratooriumi, mida edaspidi nimetame ka keemia klassiks, kahte ettevalmistusruumi ning kemikaalide varude säilitamiseks ladu. Keemia klass peaks olema nii suur, et iga õpilase kohta tuleks vastavalt kehtestatud normatiividele vähemalt 5,5 m^3 õhku. Seega peaks ca 3,5 m kõrguse klassiruumi põrandapind olema 36 õpilasega klassi jaoks ca 60 m^2. Ettevalmistusruumid peaksid olema pindalaga à 20 m^2.

Loodusteaduste kabinet soovitatakse paigutada esimesele korrusele ja võimaluse korral tiibhoonesse. Nimetatud kabineti rajamisel vanadesse koolihoonetesse võiks

kasutada endise elukorteri või sellega piirneva majaosa väiksemaid ruume ettevalmistusruumide jaoks.

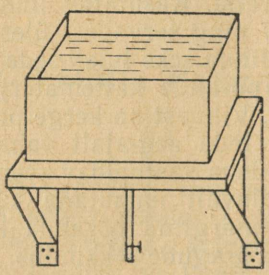
Põrand kaeti varem metlahhplaatide või nendega sarnaste plaatidega, kuna nad ei rikne kergesti reaktiivide mõjul. Taoline põrand on aga külm. Paljudes keemia klassides on linoleumiga kaetud põrand. Kasutatav linoleum peab olema küllalt paks ja tugev ning servadest üles painutatud. Linoleumi paremaks säilitamiseks tuleb seda aeg-ajalt vahatada. Õnnestunumaks põranda kattematerjaliks keemia klassile on kummiparkett. Viimast on kerge puhastada ja ta säilib nägusana, kui teda aeg-ajalt vahatada nagu linoleumigi. Puitpõrand on üsna vastupidav keemilistele reaktiividele, kui seda korduvalt immutada kuuma värnitsa või oksooliga. Viimati märgitud põranda kõige olulisemaks puuduseks on suurte pragude tekkimine.

2. VESI, GAAS, VALGUSTUS JA VENTILATSIOON.

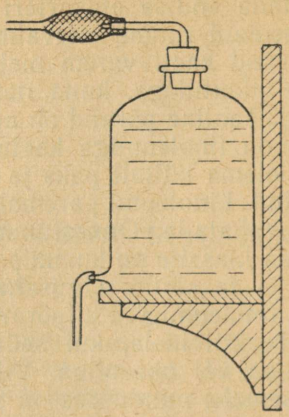
Linnades ja asulates, kus on olemas tsentraalne veevarustus, tuleb kindlasti keemia klassis viia vesi ja kanalisatsioon iga õpilaseni. Veetorude diameeter peab olema selline, et oleks kindlustatud kõikide laudade üheaegne varustamine. Kõik keemia klassi vee- ja kanalisatsioonitorud olgu hästi juurdepääsetavad. Juhul kui nad paigutatakse põranda alla, peaks nende jaoks olema spetsiaalne kergesti avatav kanal. Mõned valamud peaksid paiknema ka ettevalmistusruumis ja klassi külg- või tagaseinas. Loomulikult peab olema vee ja kanalisatsiooniga varustatud ka demonstratsioonilaud.

Keemia klassi sobivad kõige enam keraamilised valamud, mis on vastupidavad kemikaalide toimele ja temperatuuri kõikumistele. Arvestades, et 8-klassilises koolis orgaanilisi lahusteid peaaegu ei kasutata, võiks siin tarvitusele võtta ka plastmassvalamuid. Keraamiliste või plastmassvalamute puudumisel võib kasutada ka emailitud valamuid. Viimased riknevad aga kergesti kemikaalide toimel, omandavad ebapuhta ilme ja hakkavad peagi roostetama.

Demonstratsioonilaua ja ettevalmistusruumi valamud olgu lameda põhjaga, et sinna oleks võimalik asetada pestavaid nõusid. Viimati mainitud nõude leotamise hõlbustamiseks peab valamu äravooluava olema kergesti suletav.



Joon. 12. Veepaak.



Joon. 13. Tuubuspudel veega.

Keemia klassi kraanid paiknegu valamust tunduvalt kõrgemal tavalisest, kuna kraani alla tuleb nii mõnigi kord paigutada kõrgemaid nõusid. Vahemaa valamu põhjast kraanini olgu vähemalt 45 cm, demonstratsioonilaua kraanil aga 60 cm. Õpilaslaudade kraani ja valamu põhja vahemik võib olla väiksem.

Üldise veevarustuse puudumisel võib ehitada loodusteaduste kabineti jaoks spetsiaalse veevarustussüsteemi. Selleks paigutatakse pööningule või kõrgemale korrusele paak mahuga ca 600—700 l. Paagi võib paigutada ka klassi või ettevalmistusruumi lae alla. Viimasel juhul on paagi mõõtmed väiksemad ($50 \times 50 \times 100$ cm^3). Vee puhtuse säilitamiseks peaks paagi sisepind olema kaetud tsingiga. Paak olgu varustatud ülevoolutoru ja veehulga mõõtjaga. Kui taolist paaki täidetakse elektrimootori jõul töötava pumba abil, on võimalik iga õpilaslauda kindlustada külmaldase veehulgaga.

Demonstratsioonilaua ja klassi seinte ääres paiknevate valamute kohale võib paigutada tuubuspudelid, mis varustatakse kummivooliku ja sulguri või kraaniga. Destilleeritud vee säilitamisel asetatakse pudeli korgisse toru, milles on naatronlubi (hapete aurude ja süsinikdioksiidi sidumiseks). Tuubuspudeli asemel võib olla ka väiksemate mõõtmetega paak, mida täidetakse ämbri abil. Veetaset paa-

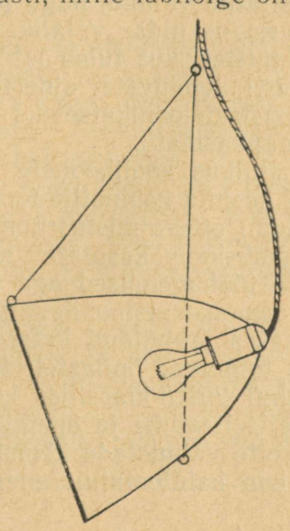
gis on lihtne mõõta paagi seinast väljaulatuva klaastoru abil.

Gaas on kahtlematult parim vahend kõrgemate temperatuuride saamisel keemiliseks eksperimendiks koolis. Arvestades ballooni gaasi tootmise laiendamist eelolevatel aastatel, on soovitatav gaasiga varustada ka keemia klasse. Kuna ballooni gaas on väga mürgine ja tuleohtlik, paigutatakse gaasiballoonid spetsiaalsetesse välishoidlatesse. Kui gaas on viidud igale õpilaslauale, peavad vahekraanid paiknema lukustatud ruumis või kapis, et õpilaslaudadele suunduvasse torustikku saaks juhtida gaasi ainult vajaduse korral.

Keemia klassi aknad peaksid olema suured, hästi valgust läbi laskvad ja kergesti avatavad. Selleks et kindlustada tööks vajalik loomulik valgus, peab akende pind moodustama vähemalt 25% klassi põrandapinnast.

Kuna keemia klassis on tavaliselt ka kino- või projektsiooniaparaat, peavad aknad olema kergesti pimendatavad. Sobivamateks pimenduskatte materjalideks on dermatiin või kahekordne riie. Viimase kasutamisel peab väliseks riideks olema must tihedam materjal, kuna sisemine võiks olla sobivates värvitoonides dekoratiivriie.

Lisaks hajutatud kunstlikule valgustusele peab olema keemia klassis demonstratsioonilaua kohal päevavalguslamp või spetsiaalne prožektorvalgusti, milles paikneb reas 6—10 lampi. Taoline valgusti, mille läbilõige on joo-



Joon. 14. Prožektorvalgusti.

nisel 14, riputatakse demonstratsioonilaua ette. Prožektorile või päevavalguslambile antakse selline asend, et ta valgustab demonstratsioonilauda ja klassitahvlit, kuid mitte õpilasi.

Väga palju hõlbustab tööd kappide valgustamine lambikestega, mis paigutatakse iga riiuli alla. Samasugused lambid võiks kinnitada ka demonstratsioonilaua kappidesse. Kirjeldatud lambikeste monteerimisel tuleb kindlasti arvesse võtta kõiki ohutustehnika nõudeid, kuna kappides ja riiulitel võib olla tuleohtlikke ja valgustundlikke materjale.

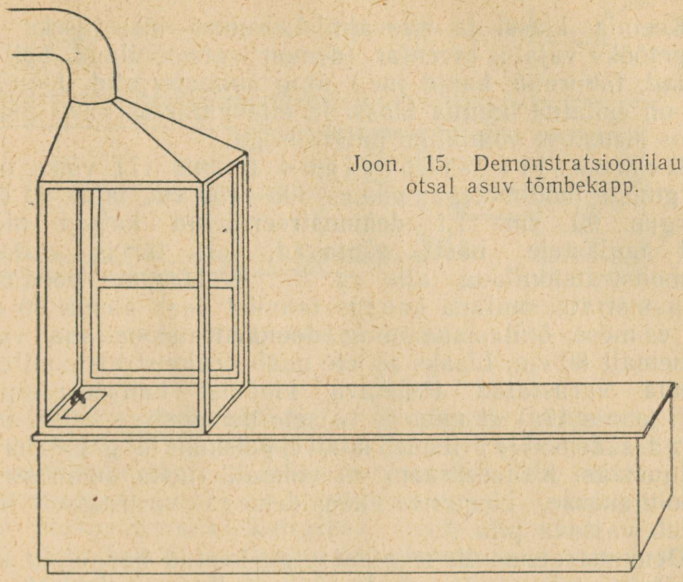
Keemia klassis peab olema hea ventilatsioon. Normaalse ventilatsiooni korral peaks õhk klass-laboratooriumis vahetuma tunni vältel umbes kolm korda. See teostub kõige paremini kergesti avatavate akende kaudu. Kunstlikuks ventilatsiooniks on tarvis hästi töötavat ventilaatorit, mida saab ka tunni ajal vajaduse korral sisse ja välja lülitada.

Selleks et ära hoida mürgiste gaaside sattumist keemia klassi või eemaldada neid tekkimise momendil, tuleb kõik katsed mürgiste lenduvate ainetega teha tõmbekapis. Tõmbekapp täidab rahuldavalt temale esitatud nõuded, kui tema kaudu eemalduvad ka kõik sellised rasked aurud ja gaasid nagu broom, lämmastikdioksiid jt.

Varem ilmunud keemiaalases metoodilises kirjanduses on esitatud väiteid, nagu poleks tõmbekapp seitsmeklassilises koolis üldse vajalik. On ilmne, et 8-klassilise kooli tingimustes, kus tuleb läbi viia mitmeid töid mürgiste ja kergesti lenduvate ainetega, on vähemalt ühe, s. o. demonstratsioonikatseteks vajaliku tõmbekapi olemasolu möödapääsmatu.

Enamikus koolihoonete projektides nähakse ette keskkooli keemia kabinetile tõmbekapp, mis asub klass-laboratooriumi ettevalmistusruumist lahutavas seinas. Sel juhul on tõmbekapp kasutatav mõlemast ruumist. Paljude õpetajate töökogemused aga näitavad, et paremini õigustab end demonstratsioonilauaga ühel joonel asuv tõmbekapp. Viimases läbiviidud katsed on õpilastele paremini näha: need toimuvad õpilastele tunduvalt lähemal.

Juhul kui 8-klassilise kooli keemia klassi koormus on suhteliselt väike ja õpetaja saab ka demonstratsioonikatseid ette valmistada klassis paiknevas tõmbekapis, õigustab end kahtlematult enam demonstratsioonilauaga ühel



Joon. 15. Demonstratsioonilaua otsal asuv tõmbekapp.

joonel paiknev tõmbekapp (vt. joonis 15). Kui aga klasslaboratooriumi koormus on väga suur, tuleks ehitada teine tõmbekapp ettevalmistusruumi või eelistada kahest ruumist kasutatavat tõmbekappi.

Tõmbekapp koosneb tavaliselt ventilatsioonikanalist ja kahest kapiosast, millest ülemine on klaasist seintega. Kapi alumise osa kõrgus võiks võrduda demonstratsioonilaua kõrgusega või ületada seda (demonstratsioonilaua taga kahte ruumi ühendava tõmbekapi korral). Tõmbekapi ventilatsioonikanal peaks olema võimalikult ilma järskude käänakuteta. Ventilatsioonimootori sobivaimaks asukohaks on pööning, kuna sel juhul ka mootori rivist väljalangemisel töötaks tõmbesüsteem edasi kui loomuliku ventilatsiooniga tõmbekapp.

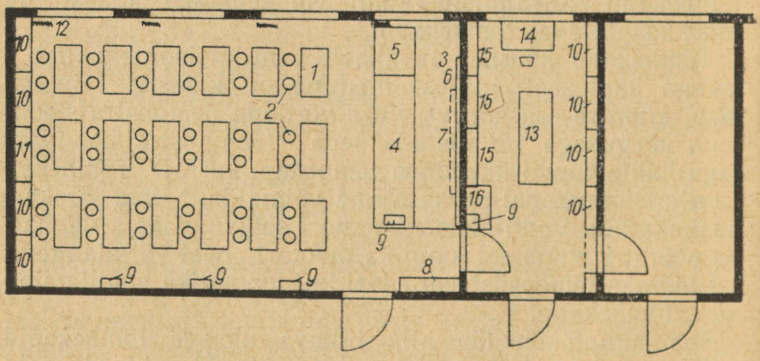
Sobivaimad on üles-alla liikuva uksega tõmbekapid, mille puhul saab kergesti reguleerida õhu juurdevoolu. Tõmbekapi põrand tuleb katta reaktiivide toimele vastupidava kattematerjaliga (metlahhplaat või plastmass). Tõmbekapp on soovitatav varustada ka valgustuse, gaasi, valamu ja veekraaniga.

3. SISUSTUS.

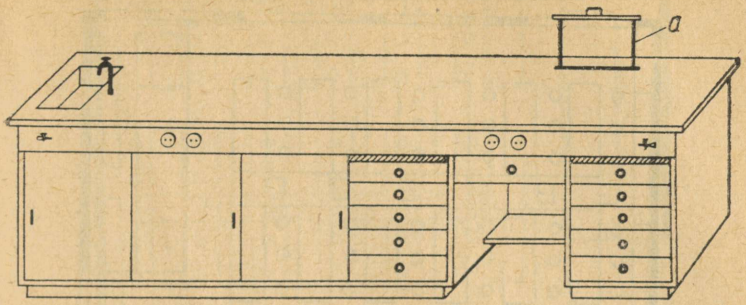
Keemia klassi ja ettevalmistusruumi sisustuseks on õppetööks vajalik inventar (demonstratsioonilaud, õpilaslauad, taburetid, kapid jne.) ning abimaterjalid. Joonisel 16 on esitatud keemia klassi ja ettevalmistusruumi plaan koos sisustuse võimaliku paigutusega.

Demonstratsioonilaud (joonis 17) võiks olla järgmiste mõõtmetega; pikkus 300—400 cm, laius 80 cm, kõrgus 90 cm. Et demonstreeritavad katsed oleksid õpilastele hästi nähtavad, on tarvis ehitada demonstratsionilaua alla ca 25 cm kõrgune poodium. Demonstratsioonilaua kaugus tahvlist peab olema 90 cm ja esimese õpilaslaua ning demonstratsioonilaua vahe vähemalt 80 cm. Lisaks sellele peab demonstratsioonilaud olema varustatud tõstetava klaasist kaitseekraaniga (vt. joonis 17a) et mõnede katsete demonstreerimisel tekkivad sädemed ja pritsmed laiali ei paiskuks ning õpilasi ei kahjustaks. Kaitseekraani on võimalik lasta demonstratsioonilauasse, kusjuures käepidemega varustatud liist suleb vastava pilu.

Demonstratsioonilaua plaat olgu kaetud happe- ja leeliskindla värvi või plastmassiga. Laua kattematerjal



Joon. 16. Keemia kabineti plaan:
1 — õpilaslauad, *2* — istmed, *3* — poodium, *4* — demonstratsioonilaud, *5* — tõmbekapp, *6* — tahvel, *7* — ekraan, *8* — kemikaalide kapp, *9* — valamu, *10* — seinakapp, *11* — seinakapp projektsioonivahendite jaoks, *12* — pimendus-kardinad, *13* — ettevalmistuslaud, *14* — kirjutuslaud, *15* — kapp nõude ja reaktiivide jaoks, *16* — kapplaud pestavate nõude jaoks.



Joon. 17. Demonstratsioonilaud.

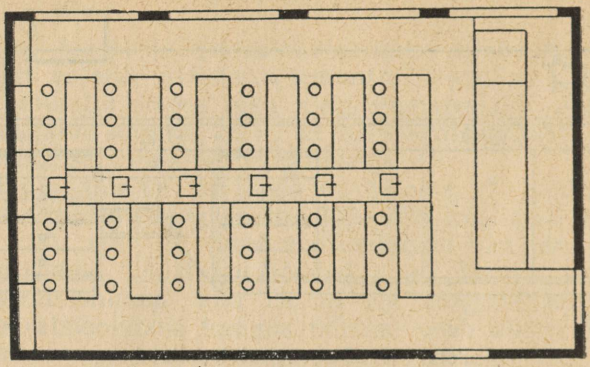
peab ühtlasi vastu pidama ka kõrgemale temperatuurile ning orgaaniliste lahustite toimele. Senini kasutusel olnud linoleumkate ei ole püsiv kemikaalide suhtes.

Demonstratsioonilaua kappides olevail riiuleil paiknevad demonstratsioonikatseteks enam vajalikud vahendid, nagu kolvid, keeduklaasid, uhmrid, mensuurid, lehtrid, portselankausid, tiiglid, piirituslambid (kui gaasi ei ole), katseklaaside statiivid jne. Laegastes võiks paikneda demonstratsioonikatseteks vajalik väiksemamõõduline põhivarustus, nagu indikaator- ja filterpaberid, tiiglitangid, spaatlid, klaasplaadid, korgid, kummivoolikud, vedrusulgurid, tikud, erinevalt painutatud ja erineva läbimõõduga klaastorud jne. Igal laekal olgu silt vahendite nimetustega. Kui laekaid ja riiuleid on demonstratsioonilauas palju, võib sinna paigutada ka õpilastele töödeks vajalikud vahendid.

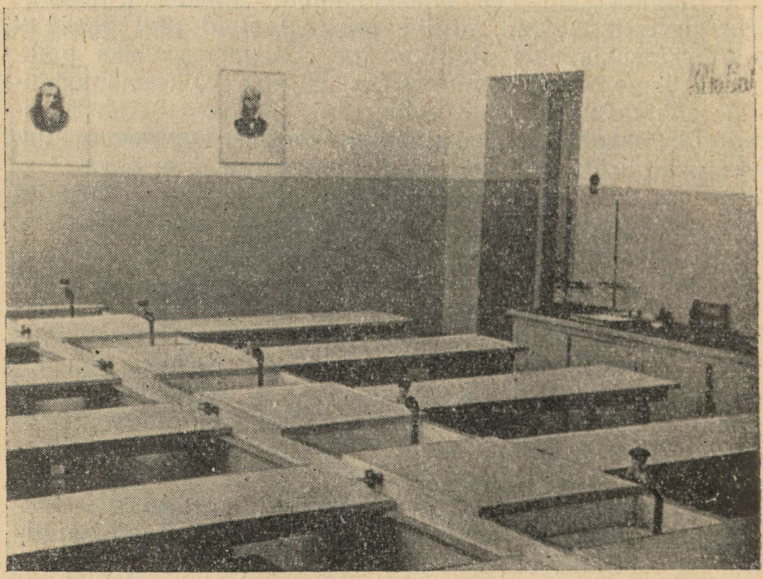
Demonstratsioonilaua all olevat tühja ruumi võib kasutada mitmeti. Sinna ehitatud riiulile võib õpetaja paigutada katseteks vajalikke aparaate või detaile, aga ka demonstreerimiseks kasutatavaid kollektsioone. Laua avara allosa korral võiksid seal paikneda ka statiivid, akumulaatorid, kolmjalad jne. ning ka tulekustutusvahendid (kast kuiva liivaga ja kühvel).

Demonstratsioonilaud olgu varustatud vee, gaasi (vähemalt 2—4 kraani) ja elektrivooluga. Pistikupesad paigutatakse selliselt, et vedelikud neile ei satuks.

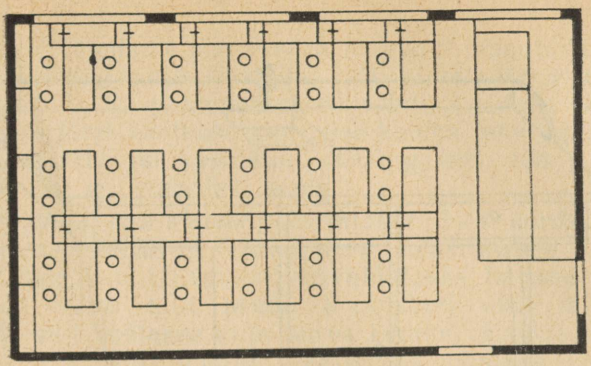
Õpilaslauad klass-laboratooriumis on nii lugemiseks, kirjutamiseks kui ka katsete sooritamiseks. Enamasti



Joon. 18. Õpilaslaudade paigutus (ühe tsentraalse installatsiooniblokiga) keemia kabinetis.



Joon. 19. Õpilaslaudade paigutus (ühe installatsiooniblokiga).



Joon. 20. Õpilaslaudade paigutus (kahe installatsiooniblokiga).

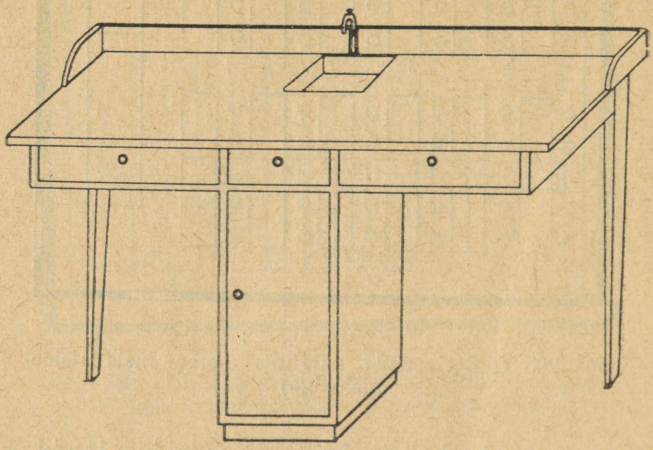
peetakse parimaks kahele õpilasele mõeldud laudu, kuna nad võimaldavad kõige edukamalt organiseerida õpilaste iseseisvat tööd. Õpilaslauad on otstarbekas varustada vee, gaasi ning elektriga; ohutuse tagamiseks tuleb nad kinnitada põranda külge ja varustada kuni 10 cm kõrguse äärisega.

Väiksema arvu õpilaste korral klassides tuleb otstarbekaks pidada Saksa Demokraatlikus Vabariigis kasutatud õpilaslaudade paigutust (joonised 18, 19 ja 20), kuna tsentraalne installatsiooniplokk võimaldab väiksemate kulutustega viia vee, gaasi ja elektri iga lauani. Ühtlasi on taolise paigutuse korral kerge saavutada kanalisatsioonitorustikule vajalikku kallet.

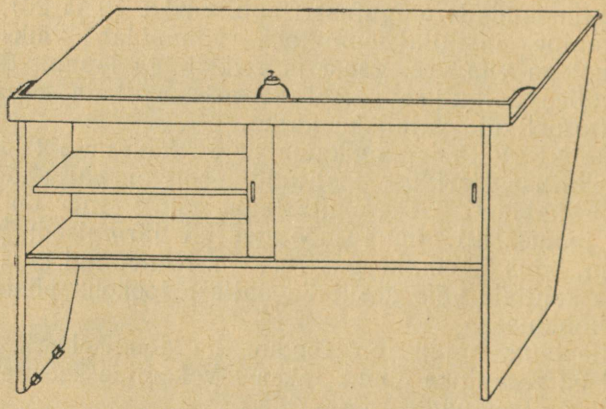
Vene NFSV Pedagoogikateaduste Akadeemia Üldise ja Polütehnilise Hariduse Instituudi poolt on välja töötatud keemia kabineti jaoks õpilaslaua näidis, mis on kujutatud joonisel 21. Laua mõõtmed on järgmised: pikkus 125 cm, laius 55 cm, kõrgus 76,5 cm. Nimetatud laua kapiosa ja sahtleid võib kasutada õpilase töökoha põhivarustuse hoidmiseks.

Õpilaslaua näidis on toodud ka joonisel 22, mille puhul on eeskujuks olnud Saksa DV koolide keemia kabinettide õpilaslauad.

Laua parimaks katteks on kemikaalide toimele vastupidav plastmasskate. Viimase puudumisel võib katta laua väga vastupidava värviga. Selleks tuleb laki ja värvi



Joon. 21. Õpilaslaud.



Joon. 22. Õpilaslaud.

jäänustest täielikult puhastatud lauapind immutada algul kuuma lahusega, mis sisaldab: 2500 g vett, 400 g aniliinhüdrokloriidi, 60 g ammooniumkloriidi. Laudade täieliku kuivamise järel kaetakse nad teise kuuma lahusega, mille valmistamiseks on kasutatud: 2500 g vett, 400 g vaskvitrioli, 200 g Berthollet' soola.

Kirjeldatud operatsiooni korratakse 3—4 korda. Selle tulemusena kattuvad lauapinnad tumerohelise kihiga. Pärast täielikku kuivamist kõrvaldatakse lauasse mitteimbunud värvi kiht peene liivapaberi abil ja hästi lihvitud puit kaetakse mitu korda kuuma värnitsa või oksooliga. Kattekiht muutub sealjuures mustaks ja väga vastupidavaks nii keemilistele kui ka termilistele mõjutustele.

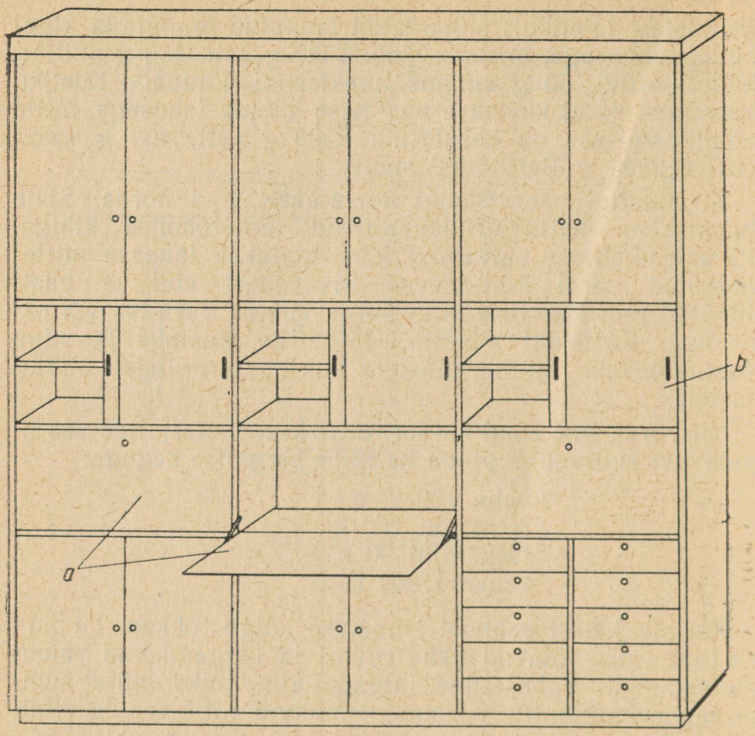
Nii värvi, linoleumi kui ka teiste kattematerjalide vastupidavust suurendab pinna katmine järgmise seguga:

vaha 100 k. o.,
tseresiini 200 k. o.,
tärpentini 90 k. o.,
bensiini 800 k. o.

Keemia klassi sobivad istmeteks kõige rohkem t a b u r e t i d, mis võtavad vähe ruumi ja kergendavad ruumi puhastamist. Taburettide jalgade alla võiks müra summutamiseks kinnitada kummist muhvid või kleepida vilditükid.

K a p p i d e s t asuvad keemia klassis kemikaalide kapp ning ruumi külg- või tagaseina kattev sektsioonkapp (joonis 23). Klass-laboratooriumi kemikaalide kapiks on sobiv kapplaud (joonis 24). Ta on kasutatav ka lauana, kus saab lasta sooritada praktilisi töid üksikutel klassi ette kutsutud õpilastel. Kapplaua ülemine osa ei tohi olla sügav (mitte üle kahe purgirea kõrvuti). Kemikaalide kapi riiulid kaetakse klaasiga, et reaktiivide tilgad neid ei kahjustaks. Nimetatud kapis on põhiliselt need ained, mis moodustavad demonstratsioonikatsete põhivarustuse ning on mõeldud kasutamiseks peamiselt õpetajale.

Mõnede metoodikute arvates peaks keemia klassis asuma ka raamatukapp, mis oleks kooli raamatukogu filiaaliks; selles säilitatakse populaarteaduslikku ja teaduslikku kirjandust, mida vajatakse õppetundides individualiseeritud õppetöö korras. Õpilased kasutavad nime-



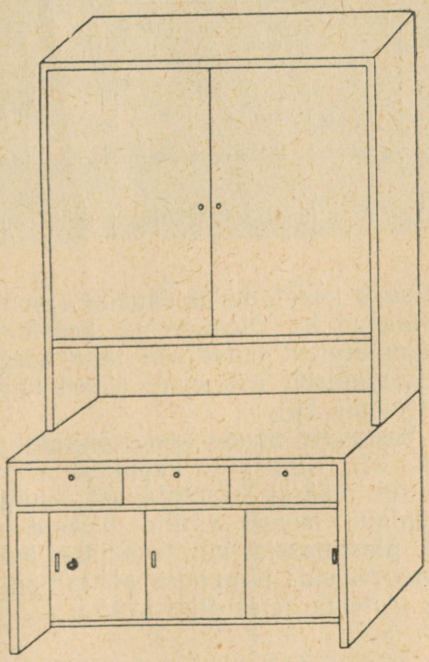
Joon. 23. Osa kogu seina katvast sektsioonkapist:
a — sekretärkapp, *b* — lükatav klaasuks.

tatud raamatuid põhiliselt tundides, kuid vajaduse korral võetakse raamat ka koju kaasa, kusjuures enne täidetakse vastav laenutuskaart.

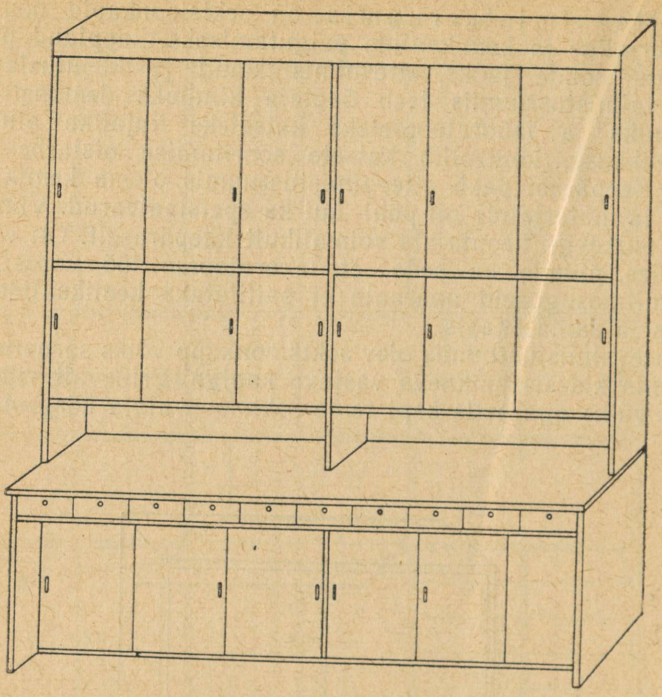
Kõige mahukam on ruumi tagaseinas asuv sektsioonkapp, mille üks osa peaks olema kohandatud projektsiooni- ja kinoaparaatide säilitamiseks, kui klass-laboratooriumi taga pole selleks eri ruumi. Viimati märgitud kapiosa olgu sellise konstruktsiooniga, et sealt oleks võimalik demonstreerida dia- või kinofilme vastavat aparaati kohalt liigutamata. Sektsioonkapis säilitatakse ka mitmesuguseid keemia ja füüsika (või bioloogia) õppevahendeid, tabeleid, varunõusid ja -materjale, mitte aga kemikaale.

Ettevalmistusruumis on sektsioonkapid nõude, materjalide ja kemikaalide paigutamiseks, kapplaud pestavate nõude jaoks, ettevalmistuslaud ja kirjutuslaud. Ettevalmistusruumis teeb õpetaja kindlaks demonstratsiooniks ja laboratoorseteks katseteks vajalike ainete kõlblikkuse, kontrollib katsete sooritamise otstarbekust jne. Seepärast peab ettevalmistusruumis olema kemikaalide ja materjalide nii põhi- kui ka spetsiaalvarud. Viimased paiknegu kasutajale võimalikult käepäraselt. On vaja meeles pidada ka seda, et laboratoorse töö varustust ja mitmesuguseid aparaate ei säilitataks kemikaalidega ühes ja samas kapis.

Ettevalmistusruumis olev sektsioonkapp võiks sarnaneda keemia klassis paikneva vastava kapiga. Erinevalt viimasest võiks aga selle kapi teine sektsioon alata kõrgemalt,



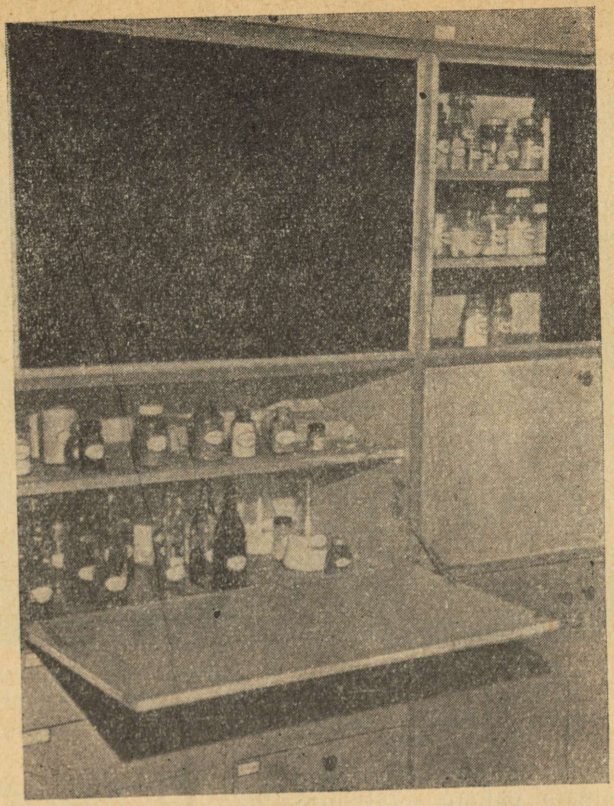
Joon. 24. Kapplaud.



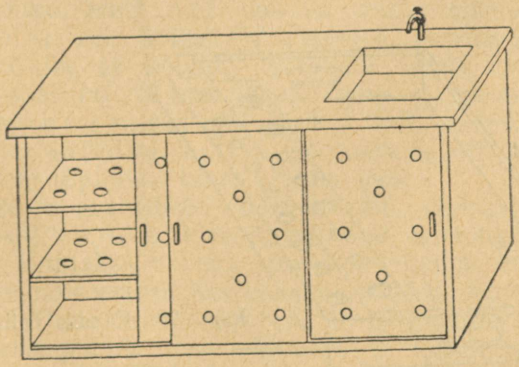
Joon .25. Osa kogu seina katvast sektsioonkapist.

nii et kappi saab kasutada ka lauana (joonis 25). Sama otstarvet täidavad ka ülemise ja keskmise sektsiooni piiril väljatõmmatavad lauad või laua kõrgusel asuvate kappide horisontaalselt avanevad uksed nagu nn. sekretärkappidel (joonis 26).

Kapplaud pestavate nõude jaoks ehitatakse veevalamu ümber (joonis 27). Nimetatud kapplaua mõõtmed ja kuju sõltuvad suurel määral kasutatavast ruumist. On oluline, et kapplaua mõned riiulid oleksid restikujulised (tsinkplekist, plastmassist või traadist), kuhu saab asetada nõrguma nõusid. Kapplaua põhjal paiknegu tsinkplekist plaat ja tema ustes olgu avad.



Joon. 26. Sekretärkapp.



Joon. 27. Kapplaud pestavate nõude jaoks.

Keemia õpetamiseks vajaliku varustuse moodustavad kemikaalid, laboratooriumitarbed, tabelid, skeemid, filmid, mudelid, maketid, ainete näidised jne.

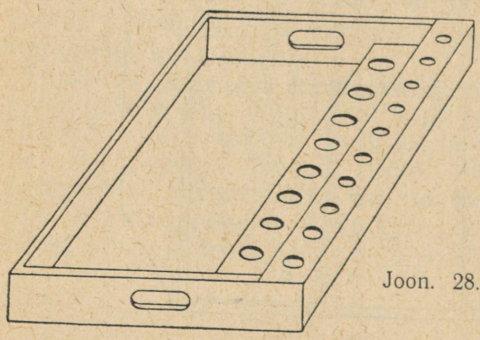
Suurema osa varustusest moodustavad kahtlematult kemikaalid, mida on vaja eksperimentaalsete tööde, demonstratsioonikatsete ja ringi töö läbiviimiseks. Lisas nr. 1 on esitatud reaktiivide nimekiri, kuhu on märgitud ka vajalikud kogused üheks õppeaastaks paralleelklassideta 8-klassilise kooli jaoks.

Kemikaalide ratsionaalseks kasutamiseks tuleks enam kasutatavatest ainetest valmistada enam-vähem võrdsete kontsentratsioonidega lahused. Sobivam töölahuste kontsentratsioon võiks olla 0,5—1-normaalne.

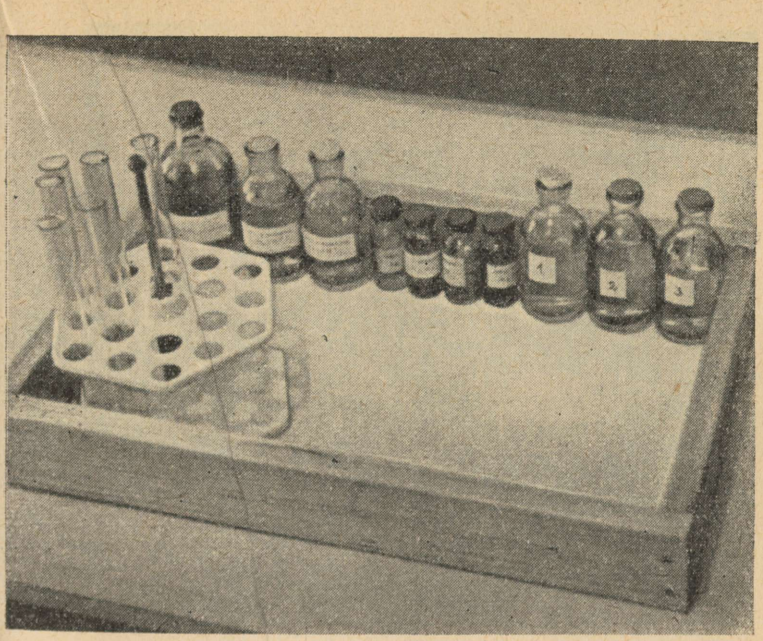
Keemia klassi varustus laboratooriumitarvete, nõude, materjalide ja instrumentide osas on esitatud lisas nr. 2.

Selleks et edukamalt läbi viia õpilaste iseseisvat eksperimentaalset tööd, on tarvis iga õpilase töökoht varustada osaga lisas nr. 3 toodud põhivarustusest. Nimetatud põhivarustus võimaldab vähese ajakuluga lasta õpilastel teha väga mitmesuguseid katseid. Tööks vajalikud reaktiivid ja põhivahendite hulka mittekuuluvad katsevahendid on kõige sobivam asetada õpilaslaudadele vahetult enne tunde, kasutades selleks kandikuid põhjapinnaga 40×30 cm^2 (joonis 28).

Kuna keemia tundides on vägagi tähtsal kohal õpitavate ainete vahetu vaatlemine õpilaste poolt, kuuluvad vajaliku varustuse hulka nii demonstratsiooniks kui ka



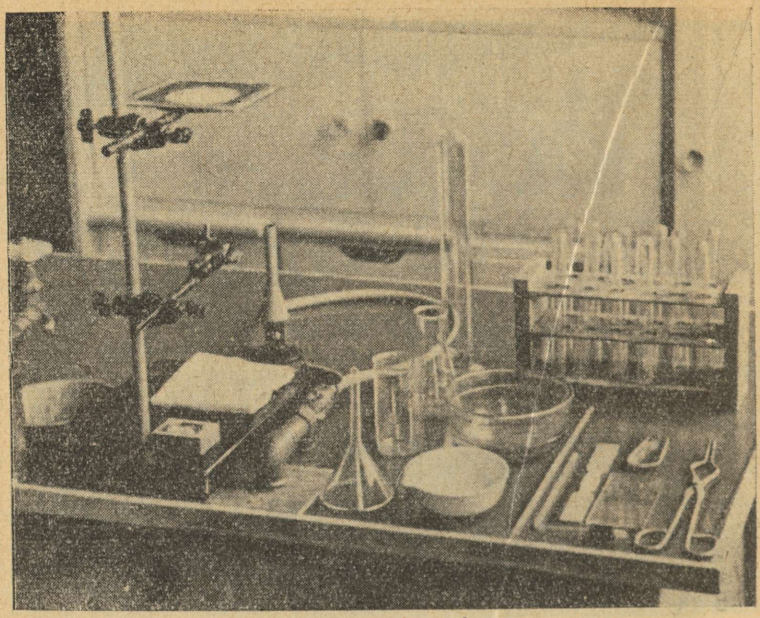
Joon. 28. Kandik õpilaslaual.



Joon. 29. Kandik õpilaslaual.

jaotusmaterjaliks kasutatavad kollektsioonid. Esimeste näidised peavad olema suuremad ja kergemini vaadeldavad iga õpilase kohalt. Jaotusmaterjali näidised võivad olla väiksemad, kuid nad peavad siiski võimaldama tundma õppida aine kõige tüüpilisemaid tunnuseid. On äärmiselt vajalik, et kõikide õpitavate ainete omadusi saaksid õpilased tajuda oma meeleorganitega võimalikult lähedalt. Seepärast tuleks igal keemia õpetajal leida võimalusi õpilaslaudadele antava jaotusmaterjali kogude valmistamiseks õpilaste klassivälises töös.

Mitmesuguste graafiliste õppevahendite (tabelid jne.) paremaks säilitamiseks kleebitakse nad kartongile või riidele ja säilitatakse selleks ettenähtud kapis, kus nad asuvad süstematiseeritult kas teemade või klassides kasutamise järgi. Õnnestunuimaks tabelite säilitamise viisiks tuleb kindlasti pidada Severodonetski 5. Keskkooli keemia õpetaja, ukraina NSV teenelise õpetaja A. Kovalenko



Joon. 30. Õpilase töökoha põhivarustus.

poolt kasutatavat moodust, mille puhul kõik kartongile liimitud tabelid on mõlemalt poolt kaetud polüetüleenkilega ja ümbritsetud kooli töökojas valmistatud raamiga. Kuna tabelite säilitamine vajab väga palju ruumi, tuleks ruumi otstarbekama kasutamise eesmärgil asendada tabelid võimaluse korral diapositiivide ja diafilmidega.

5. KEMIKAALIDE SÄILITAMINE.

Kemikaalide säilitamisel nii laos kui ka keemia kabinetis tuleb arvestada alljärgnevaid nõudeid.

1. Lihvitud klaaskorgiga pudelid (joonis 31) on vajalikud kontsentreeritud väävel-, sool-, lämmastik- ja äädikhappe ning ammoniaagi lahuse, broomi, broomi- ja kloorivee säilitamiseks. Kaaliumpermanganaadi, kaaliumdikromaadi, vasknitraadi ja hõbenitraadi kontsentreeritud

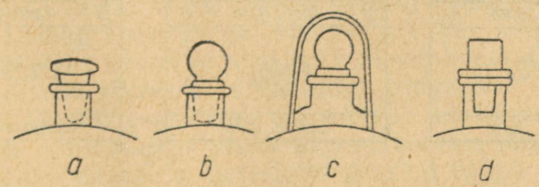
lahuseid on samuti parem hoida lihvitud klaaskorgiga pudelites, kuid nende puhul võib toime tulla ka tavalise korgiga. Ei ole mõtet säilitada lihvitud klaaskorgiga pudelites teiste hapete ja enamiku soolade vesilahuseid. Kunagi ei tohi hoida lihvitud klaaskorgiga pudelites naatriumhüdroksiidi, naatriumkarbonaadi, naatriumsilikaadi ja teiste leeliselise reaktsiooniga ainete lahuseid, kuna leelis söövitab klaasi ja pärast pikaajalist seismist on väga raske eemaldada klaaskorki pudelilt. Leeliseliste lahuste jaoks võib kasutada selliseid klaaskorgiga pudeleid, mille korgiosa läheb vabalt pudeli kaelasse ja millel on lihvitud vaid korgi randi alumine külg.

Kontsentreeritud hapete, broomi, broomivee, ammoniaagilahuse jt. jaoks on kõige sobivamad nn. kübarsulgur itega varustatud pudelid (joonis 30, *c*). Nendel pudelitel on lisaks lihvitud klaaskorgile veel lihvitud servaga kübarsulgur. Selliselt suletud nõud on täiesti hermeetilised, eriti kui kübarsulguri lihvitud pind määrida vaseliiniga.

2. Lihvitud klaaskorgiga purgid on vajalikud joodi, difosforpentoksiidi ja vasknitraadi säilitamiseks. Ka metalset naatriumi, kaaliumi ja kaltsiumi on parem säilitada klaaskorgiga purkides (petrooleumis).

3. Parafiiniga ülevalatud korgi all tuleb säilitada kaalium- ja naatriumhüdroksiidi, kaaliumnitraati, kaltsiumoksiidi, kaltsiumhüdroksiidi, kaltsiumkarbiidi, baariumhüdroksiidi, metafosforhapet, punast fosforit ja kergesti kristallvett eraldavaid või hügroskoopseid soolasid, nagu kristallsooda, glaubrisool, raudvitriol, raud(III)kloriid, kaltsiumkloriid jt.

4. Kummikorgiga pudelites säilitatakse kaaliumhüdroksiidi, naatriumhüdroksiidi, baariumhüdroksiidi, naatrium-



Joon. 31. Klaaskorkidega pudeleid.

ja kaaliumkarbonaadi ning vastavate silikaatide lahuseid. Kummikorgi all ei või hoida orgaanilisi lahusteid.

5. Polüetüleenkorgi all võib säilitada peaaegu kõiki anorgaanilisi aineid.

6. Pruunist klaasist pudelid on vajalikud hõbenitraadi, kaaliumjodiidi, joodi, lämmastikhappe, vesinikperoksiidi ja kloorivee säilitamiseks. Taoliste pudelite puudumisel on soovitatav hoida valgustundlikke aineid pimedas kapis.

7. Broomi ja kontsentreeritud hapete varusid on õigem hoida eraldi laos või ettevalmistusruumi tõmbekapi all asuvas kapis, kus peaks olema ventilatsioon.

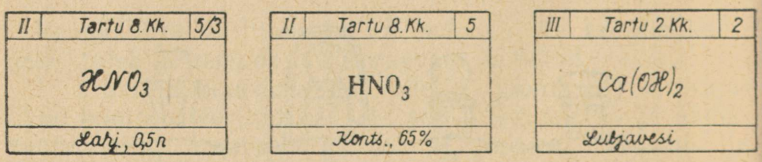
8. Enam mürgiseid ja ohtlikke ained, nagu fosfor, broom, naatrium, kaalium, elavhõbe ja tema ühendid, bensiin, piiritus, kolloodium, eeter jt. on tarvis hoida lukustatud kappides.

Eespool ei ole kirjeldatud kõikide, vaid ainult nende enam kasutatavate ainete säilitamist, mille hoidmistingimused vajavad erilist tähelepanu.

Igal pudelil ja purgil peab olema etikett, kuhu on märgitud aine valem või nimetus ja lahuste puhul kontsentratsioon. Kergesti riknevate lahuste pudelitel olgu ka valmistamise aeg. On soovitatav, et pudeli etiketil oleks märge ka selle kohta, missuguses kapis ja riiulil paikneb vastav anum. Mõnedes koolides on etiketile märgitud ka kooli nimetus; need etiketid on lastud trükkida trükikojas või paljundatud spetsiaalse stambi abil.

Joonisel 32 on toodud etikettide näidiseid.

Etikette on võimalik valmistada tavalisest valgest paberist. Hästi sobib selleks ka aknakleepepaber. Etiketi paber ei tohi olla liiga paks, kuna see kleepub halvasti ega püsi klaasil. 200 ml ja suurema mahuga pudelite jaoks on sobivaimaks etikett mõõtmetega ca 5 cm × 3 cm. Etikettide kirjutamiseks on tindi asemel parem kasutada veekindlat tušši.



Joon. 32. Pudelite etikette.

Otstarbekas on tarvitusele võtta värvilisest paberist etiketid. Nii võiks kasutada hapete jaoks punaseid, leeliste jaoks siniseid, naatriumisoolade jaoks kollaseid, kaaliumisoolade jaoks violetseid, ammooniumisoolade jaoks helehalle etikette jne. Värviliste etikettide tarvitamine võimaldab hoida paremini korras kemikaalide kappi. Ühtlasi on sel viisil kergem leida vajalikku ainet.

Kõige paremaks ja odavamaks etiketi liimiks on dekstriinliim (vesilahus 1 : 1). Edukalt saab etikette liimida ka kleepepastaga «Ortofiks». Pudelitele ja purkidele, mida kasutatakse demonstratsioonilaual, on soovitatav kleepida etiketid mõlemale küljele, sel juhul näevad seda üheaegselt nii õpetaja kui ka õpilased. Etikettide paremaks säilitamiseks on soovitatav katta need kolloodiumi, nitrolaki või parafiiniga.

Nii tahked ained kui ka lahused säilitatakse kappides riiulitel kindlas järjestuses. Kõige sobivam on hoida aineid rühmade viisi, määrates igale ainegrupile kindlad riiulid. Sellisteks gruppideks võiksid olla: metallid, mittemetallid, oksiidid, happed, alused, soolad, orgaanilised ained jne. Ka igas grupis paigutatakse ained kindlas järjekorras, näiteks analüütiliste rühmade viisi: kaaliumi-, naatriumi-, ammooniumi-, baariumi-, strontsiumi-, kaltsiumi-, magneesiumisoolad jne.

Kemikaalide pudelitele, mis peavad paiknema demonstratsioonilaua juures, on kasulik kleepida teistmoodi etiketid või, mis veelgi parem, hoida neid erikujulistes pudelites, et neid eristada teistest reaktiividest.

6. KUJUNDUS.

Parim mulje jääb puhtast, heledatooniliste seinte ja mööbliga ruumist, mille kogu sisustus on korras. Hästi sisustatud keemia klassi seinad pole üle kuhjatud piltide, stendide, diagrammide ja muude näitlike vahenditega. Pidevalt võiks seinal olla vaid D. Mendelejevi elementide perioodilisuse süsteem ja metallide pingerida. Paljudes koolides lisandub nendele veel soolade lahustuvuse tabel.

Lisaks nimetatutele peaks klass-laboratooriumis olema 1—2 stendi. Stendide materjalid peaksid olema vahetatavad; neil võiksid kajastuda teaduse uusimad saavutused,

nende kaudu tuleks tutvustada ka tööstuse, eriti koduvabariigi tööstuse arengut ja perspektiive.

Klass-laboratooriumi seintele riputatagu mõnede füüsikute, keemikute ja bioloogide portreed. Neid tuleks aga kindlasti vahetada vähemalt 3—4 korral õppeaasta jooksul, et õpilased tutvuksid paljude teadlastega.

Küllaltki palju aitavad kabineti kujundamisele kaasa lilled ja muu elav rohelus.

Klass-laboratooriumi kujundamisel tuleb lähtuda sellest, et kõik oleks lahendatud võimalikult otstarbekalt ning vastaks seejuures esteetilistele nõudmistele.

V. TEEMADE «AINED JA NENDE MUUNDUMISED» NING «AINETE EHITUS JA KOOSTIS» ÕPETAMISE METOODIKAST 7. KLASSIS.

Kehtiva programmi kohaselt on 7. ja 8. klassi keemia kursuse teoreetiliseks aluseks molekulaar-atomistlik teooria. Selle teooria põhiseisukohtade omandamisega algabki keemia kursus 7. klassis. Esimeste teemade õpetamise käigus tuleb õpilastele selgeks teha põhilised mõisted: aine, füüsikaline ja keemiline nähtus, füüsikaline ja keemiline omadus, puhas aine ja segu, liht- ja liitaine, aatom, molekul, keemiline element, metall ja mittemetall, aatommass, molekulmass. Keemia kursuse alguses avatakse õpilaste ees keemia kui ühe loodusteaduse haru olemus ja näidatakse tema praktilist tähtsust tsivilisatsiooni arengus. Esimese paarikümne tunni jooksul saavad õpilased ka elementaarsed teadmised keemia sümboolikast ja terminoloogiast, mille omandamise kindlusest sõltub suurel määral keemia õppimise edu. Erilist tähelepanu tuleb osutada keemiliste reaktsioonide olemuse ja reaktsiooni liikide erinevuse mõistmisele molekulaar-atomistliku teooria alusel. Kuna esimeste teemade õpetamine paneb aluse keemia põhimõistetest arusaamisele, «keemia keele» omandamisele ja tähtsamate keemiliste nähtuste mõistmisele, on õpetaja töö selle osa käsitlemisel eriti vastutusrikas.

Esimesed kokkupuutumised keemiaga omavad olulist osa huvi kujundamisel sellesse õppeainesse. On hea, kui õpetaja suudab materjali esitada võimalikult populaarteaduslikus vormis ja parajal määral näitlikustatult, et õpilastel tekiks algusest peale elav huvi õpitava vastu. Mingil juhul ei tule liialdada efektsete katsete ja huvitavate jutustustega, jättes kõrvale või teisejärgulisele kohale õppeaine teadusliku sisu. Õpilased peavad algusest peale suhtuma keemiasse kui täppisteadusesse.

Juba esimeste keemia tundidega algab ka õpilaste maa-

ilmavaate järjekindel kasvatamine. Nad saavad teada, et liikumine on molekulide põhiomadus, õpetaja rõhutab igal võimalusel, et maailm on materiaalne ja kõik loodusnähtused rangelt seaduspärased.

Keemia peab õpilastele tunduma algusest peale elulähedase ja vajaliku õppeainena. Õpetaja laseb õpilastel lahti mõtestada igapäevase elu nähtusi teoreetiliste seisukohtade valgusel ja võimalikult sagedasti täienduseks õpitud faktidele ja üldistustele leida näiteid ümbritsevast elust. Ainete ehituse tundmaõppimine, segude ja puhaste ainetega tutvumine ning lihtsamate keemiliste reaktsioonide vaatlemine pakub häid võimalusi.

Ei tohi unustada, et õpilased tulevad 7. klassi juba loodusteaduslike teadmiste teatava pagasiga — nad on lugenud populaarteaduslikku kirjandust, omandanud ühtteist ajakirjandusest, õppinud kodulugu, bioloogiat ja füüsikat. Õpetajal peab olema ülevaade, millistele õpilaste teadmistele ta oma edaspidise töö rajab; tal peab olema oskust üksikute õpilaste teadmisi vestluses ära kasutada, neid kogu klassi teadmisteks muuta.

Esimestes tundides algab ka õpilaste praktilise töö oskuste ja vilumuste kujundamine. Esialgu tuleb põhjalikult juhendada ja ette näidata paljusid töövõtteid, hoiatada ja instrueerida võimalike ebaõnnestumiste vältimiseks, aga seda kõike teha õpilaste initsiatiivi maha surumata — paljudelgi juhtudel tuleks enne instrueerimist küsida õpilastelt: «Kuidas teie seda teeksite?»

Tuleb arendada ja treenida õpilaste mälu, et selles püsivalt kinnistuksid teadmised, mida ei tohi unustada: elementide sümbolid, tähtsamad põhimõisted jne.

Esitame allpool mõnede keemia tundide kirjeldused, kus nimetatud eesmärke on püütud silmas pidada. Arusaadavalt pole pakutud kaugeltki mitte ainukesed teed kirjeldatud eesmärkide taotlemiseks, vaid ainult üks variant paljudest võimalikest.

1. tund.

Esimeses tunnis toimub sissejuhatav vestlus keemia kui õppeaine tutvustamiseks ja esimeste põhimõistete — «aine» ning «omadus» õppimine.

Ei tohiks kulutada palju aega nn. organisatsioonilisele küljele — õpilaste nimedega tutvumine, keemia kabinetis

kehtiva korra teatavakstegemine jne. Võimalikult kohe tuleks alustada õppeaine sisulist tutvustamist, ainult see saab tekitada huvi ja tõsist suhtumist õpetatava vastu.

Peamisteks õppemeetoditeks esimeses tunnis on v e s t l u s ja v a a t l u s.

Vestlust võib alustada küsimustega sellest, mida käsitlevad õpilastele juba tuttavad loodusteaduse harud: füüsika, zooloogia, botaanika. Seejärel tuleb selgitada, et ka keemia on üks loodusteaduse haru ja uurib peamiselt seda, millest koosneb meid ümbritsev maailm.

Õpetaja demonstreerib kõigepealt ühest ja samast materjalist valmistatud erinevaid esemeid, näiteks klaastoru, klaasplaat, klaaskolb, klaaskauss; raudnael, raudpleki tükk, rauast tiigel, vasar või tangid. Õpilastelt küsitakse, mis on neil esemetel ühist, mis erinevat. Seejärel näidatakse sarnase väliskujuga esemeid, mis on valmistatud erinevast ainest, näiteks klaasist, kummist, metallist ja plastmassist torud. Jällegi lahendatakse vestluse käigus küsimus, mis on neil esemetel sarnast, mis erinevat. Üldistusena jõutaksegi seisukohale, et ained on kõik see, millest meid ümbritsevad esemed koosnevad.

Õpetaja demonstreerib veel mõningaid õpilastele vähe tuntud uudsetest materjalidest esemeid, olenevalt sellest, mis tal on käepärast. Sobib näiteks tükike kunstlikku karusnahka, polüetüleenist ämber ja veidi vahtplasti. Niisama hästi võib olla ka polüstüroolist kausike, tükk dermatiini ja silikaltsiiti. Neid esemeid näidatakse algul kaugelt ja küsitakse: «Mis need on? Millest on need valmistatud?» Hiljem arendatakse vestlust edasi: «Kust neid saadakse? Kes neid valmistab?» jne.

Vestlus lähebki loomulikult üle keemia vajalikkusele ja arengusuundadele viimasel ajal. Õpetaja ergutab õpilasi rääkima sellest, mida nad on lugenud, kuulnud või näinud keemiateaduse ja -tööstuse saavutustest.

Seejärel loeb õpetaja G. Jurmini raamatust «Lõbus kunstnik» peatüki «Keemia on kõikjal».

Nüüd võib asuda töövihiku täitmisele. Õpetaja kirjutab tahvlile: «K E E M I A on teadus ...» ja palub õpilastel avaldada arvamust, kuidas lause lõpetada. Õpilased teevadki ettepanekuid: «... ainetest, nende omadustest», «... sellest, millest koosnevad meid ümbritsevad esemed», «... ainetest ja sellest, kuidas saada uusi aineid» jne. Kui

õpilased ei esita küllalt arukaid seisukohti, laseb õpetaja neil läbi lugeda paar esimest lõiku õpiku sissejuhatusest.

Nüüd küsib õpetaja veel kord: «Mis on ained?» Tunni esimeses osas oli sellele küsimusele juba vastus antud. Mõistet kinnistatakse suuliselt ja kirjutatakse töövihikusse. Samasse märgitakse ka näiteid tuntud ainete kohta. Lõpuks teatab õpetaja, et üldse tuntakse maailmas umbes kolm miljonit erinevat ainet.

Siis annab õpetaja lahendada probleemi: «Mille alusel neid kolme miljonit ainet on võimalik üksteisest eristada?». Ta demonstreerib lisaks veel mõningaid erinevas agregaatolekus aineid. Järeldusena kirjutatakse töövihikuisse: «Neid tunnuseid, mille poolest ained üksteisest erinevad või üksteisega sarnanevad, nimetatakse ainete omadusteks.»

Tund lõpeb koduse ülesande andmisega. Õpetaja teatab (dikteerib või paneb välja kantaval tahvlil) küsimused, millele õpilased peavad oskama järgmisel tunnil vastata.

1. *Millest koosnevad kõik kehad?*
2. *Mille poolest erinevad ained üksteisest?*
3. *Kuidas on keemia inimestele vajalik?*
4. *Mida tead keemiatööstuse arengust viimastel aastatel?*
5. *Võrdle järgmiste ainete omadusi: a) vesi ja bensiin; b) sool ja suhkur; c) kriit ja suhkur; d) vask ja alumiinium; e) tina ja alumiinium.*

Õpetaja võib teha ka ülesandeks vastata õpiku kordamisküsimustele. Järgmiseks tunniks peavad õpilased kordama 6. klassi kursusest teema «Algteadmisi aine ehitusest». Ta soovitab veel meenutada, mida on nad aine ehitusest kuulnud või lugenud väljaspool koolitunde.

2. tund.

Selleski tunnis omandavad õpilased teadmisi peamiselt vestluse ja õpetaja poolt demonstreeritud esemete ning nähtuste vaatlemise kaudu.

Vestluse esimeses osas kontrollib õpetaja, kuidas omandati eelmises tunnis õpitu. Selleks laseb ta õpilastel vastata neile antud küsimustele. Kolmele-neljale õpilasele paneb ta selle vestluse käigus hinded, kuid jätab need esialgu päevikusse märkimata. Hindamisel võetakse arvesse ka õpilaste tööd tunni teises osas.

Kogu järgnev tund on loogiliseks jätkuks kontrollivale

vestlusele. Õpetaja teatab, et ainete omadusi põhjalikult uurida ja uusi aineid luua on võimalik ainult siis, kui hästi teatakse, millest koosnevad ained ja missugune on nende ehitus.

Kui peatükiri «Aine ehitus» on tahvlile kirjutatud, jätkub vestlus klassiga. Õpetaja on ise ka 6. klassi füüsika õpikust vastava peatüki läbi lugenud ja teab, milliseid vastuseid õpilastelt oodata, kui ta küsib:

1. *Millest koosnevad ained?*
2. *Mida teate molekulide mõõtmetest?*

(Siin toob õpetaja veel omalt poolt huvitavaid võrdlusi molekulide väiksusest.)

3. *Kuidas on tõestatud molekulide olemasolu?*
4. *Kuidas nimetame õpetust, mille järgi ained koosnevad molekulidest?*
5. *Millised jõud valitsevad molekulide vahel?*
6. *Miks peame õhku kokku surudes (näiteks jalgratta kummi täites) kulutama energiat?*
7. *Miks väheneb vee hulk lahtises anumas seismisel?*
8. *Miks levivad lõhnad ruumis?*

Vestluse käigus selgub varsti, kui põhjalikult õpilased mäletavad, mida nad 6. klassis füüsika tundides molekulaarteooriast õppisid. Võib-olla tuleb õpetajal seda omapoolsete seletustega tublisti täiendada, võib aga juhtuda, et õpetaja peab õpilasi, kes rohkem kuulnud ja lugenud on, pidurdama, et nad liiga kaugele ette ei läheks sellest, mida 7. klassi programm nõuab.

Õpilaste teadmisi aine molekulaarsest ehitusest tuleb süstematiseerida ja süvendada. Teadmiste süstematiseerimisele aitab kaasa kava, mille õpetaja kirjutab tunni käigus tahvlile ja õpilased oma töövihikusse.

Aine ehitus.

1. Molekulaarteooria.
2. Molekulide suurus.
3. Molekulaarjõud.
4. Molekulide liikumine.
5. Aine kolm olekut.

Molekulide suuruse kohta toob õpetaja lisaks õpikus leiduvatele näidetele veel mõned huvitavad võrdlused. Molekulide liikumise ja molekulidevaheliste jõudude tõestamiseks demonstreerib ta katseid.

Difusiooni demonstreerimiseks vedelikes on võimalik korraldada mitmesuguseid lihtsaid ja huvitavaid katseid. Näiteks asetada veega täidetud silinder põhjaga ülespoole ja suudmega kaussi, milles on mingi värviline vedelik. Ilmekad ning kergesti korraldatavad on ka katsed broomiga. Kui juhtida broomi silindritesse, millest üks on täidetud õhuga, teine vesinikuga, selgub õpilastele, et väiksemad molekulid (vesiniku omad) liiguvad kiiremini suurematest (õhu koostises olevaist).

Kui keemia kabinetis puudub broom, tuleb seda ise valmistada. Selleks on vaja väikeses portselantiiglis segada kaaliumbromiidi ja mangaandioksiidi ning tilgutada segule veidi kontsentreeritud väävelhapet. Nüüd võib asetada tiigli klaasplaadile ja katta kummuli pööratud klaassilindri või -purgiga, mille servad on määritud vaseliiniga.

Mõned lihtsamad katsed võib lasta ka õpilastel endil sooritada: õhupalli täispumpamine, kahe märja klaasplaadi «kokkukleepimine» jne.

Tunni lõpul teatab õpetaja, et neile neljale teemale, mis kirjutati tahvlile, tuleb järgmises tunnis osata anda korralik läbimõeldud vastus; seepärast on soovitatav kodus harjutada jutustamist nendele teemadele.

Vestluse käigus, mille jooksul õpetaja süvendab õpilaste teadmisi ainete ehitusest, jälgib õpetaja ikka neid 3—4 õpilast, keda ta juba tunni algul «luubi alla võttis» ja paneb neile tunni lõpul hinde. Muidugi ei tohi teised õpilased vestlusest kõrvale jääda. Kui selgub, et mõni õpilane, kelle kontrollimist õpetaja ei planeerinud, vestluses heas või halvas mõttes eriti esile kerkib, tuleb tedagi hinnata.

3. tund.

Tunni teemad on «Segud ja puhtad ained» ning «Ainete eraldamine segust», peamisteks õpetamise meetoditeks vestlus ning demonstratsioonikatsed.

Eelmises tunnis teatatud (ja vihikutesse kirjutatud) teemade järgi kontrollitakse viie õpilase teadmisi. Nende hindamise võib jätta tunni lõpuks, sest seisab ju suur osa tõsist tööd veel ees.

Algul valgustab õpetaja segude ja puhaste ainete erinevusi teoreetilisest küljest, pöörates erilist tähelepanu molekulaarteooria seisukohtade selgitamisele. Selle juures on otstarbekas kasutada joonist, kus molekulid on tähis-

tatud mingite tingmärkidega. Joonise koos teemaga võiksid õpilased kanda töövihikutesse.

Seejärel räägitakse õpilastele, et praktilises elus on sageli vajalik segudest üksikuid komponente eraldada ja palutakse neil endil mõelda, kuidas seda ühel või teisel juhul saab teha. Selleks valmistab õpetaja mõned segud ja arutab õpilastega läbi, kuidas neist koostisosi eraldada.

I. Õpetaja segab vee ja liiva. Õpilased soovitavad segu lihtsalt seisma jätta, küll liiv põhja vajub. Tahvlile kirjutatakse kõnealuse tunni teine teema ja selle esimene alateema.

Ainete eraldamine segust

1. Setitamine —

On liiv põhja settinud ja vesi pealt ära valatud, palub õpetaja tuua näiteid selle kohta, kus õpilased on setitamisega elus veel kokku puutunud. Ja tahvlile kirjutatut võib täiendada:

— *tärklise pesemine, mahlast marjakestade eraldamine, . . .*

Õpetaja näitab, et setitamist on võimalik kasutada ka kahe erineva erikaaluga vedeliku eraldamiseks. Kui puudub jaotuslehter, võib katset väga hästi demonstreerida Liebigi jahutajas, põhjata pudelis või suuremas lehtris, millest on väljavool kummivooliku ja sulguri abil takistatud.

II. Segatakse vesi ja hambapulber. Õpilaste ettepanekul see filtreeritakse. Enne aga näitab õpetaja filtri valmistamist, hoiatades õpilasi, et neil tuleb seda ühel järgnevaist tundidest ise teha. Arutletakse, kus igapäevases elus veel tuleb kokku puutuda filtreerimisega. Tahvlile kirjutatud plaani täiendatakse

2. Filtreerimine — piima kurnamine, vee puhastamine filterveevärgis, fotokemikaalide filtreerimine, . . .

III. Õpetaja teeb segu veest ja soolast ning küsib õpilaste arvamust, kuidas soola uuesti kätte saada. Nüüd demonstreerib õpetaja aurustamise käiku ja tutvustab piirituslambi (või põleti) kasutamise reegleid. Kuigi tuleb kindlasti näidata, kuidas toimub aurustamine portselankausis, võib õpetaja parema näitlikkuse huvides tilga lahust aurustada ka klaasplaadil. Õpetaja lisab veel, et

seda puhastamisviisi kasutatakse sageli keemiatööstuses soolade saamisel.

Tahvlil olevat plaani jätkatakse.

3. Aurustamine — soolade saamine ja puhastamine tööstuses, . . .

Tunni lõpul laseb õpetaja veel ühel õpilasel valmistada filtri, vestleb klassiga tunnis õpitu üle ning teatab hinded.

4. tund.

Toimub esimene praktiline töö. Uute teadmiste ja oskuste omandamise peamiseks meetodiks on õpilaste iseseisev töö, mis on aga tihedasti läbi põimunud vestlusega ja õpetaja poolt demonstreeritavate esemete ning jooniste vaatlusega.

Kõik töövahendid, mis õpikus esimese praktilise töö juhendis ette on nähtud, peavad juba tunni algul olema laudadel.

Kohe tunni algul teeb õpetaja teatavaks (kui ta seda varem juba teinud ei ole) ühe käitumise põhireegleist, mis kehtib keemia kabinetis: katseriistu ja reaktiive mitte enne puudutada, kuni selleks õpetajalt korraldus saadakse. Siis selgitab õpetaja, et ees seisab mitmeid praktilisi töid ja need kujunevad õppetöö üheks huvitavamaks vormiks, kui õpilased ise töö käigus kõiki vajalikke nõuandeid silmas peavad ja korraldusi täpselt täidavad. Praktiliste tööde juhendid võib selgeks teha mitmeti — lasta neid õpikust lugeda või ise selgitada. Nii ühel kui teisel juhul on vaja, et õpetaja mõningaid töövõtteid veel ise demonstreeriks. Hea on, kui klassis on välja pandud plakatid laboratooriumitarvete käsitsemise kohta (on trükis ilmunud).

Iga kord, kui õpetaja võtab kätte mõne uue laboratooriumitarbe, nimetab ta seda ja joonistab tahvlile. Õpilastel peavad kujunema õiged harjumused katseseadmete skemaatiliseks joonistamiseks.

Kui kõiki tähtsamaid katsevahendeid on tutvustatud, kogub õpetaja vihikud, et neisse tehtud sissekandeid hinnata. Vihikud tuleb enne järgmist tundi õpilastele tagastada.

Jääb tunni lõpul veel aega, võib kontrollida 3—4 õpilast. Neile esitatavad küsimused võiksid olla järgmised.

1. *Too näiteid segude ja puhaste ainete kohta, selgita, mille poolest nad erinevad.*
2. *Millal ja kuidas kasutada setitamist?*
3. *Milliseid segusid filtreeritakse?*
4. *Kuidas toimub aurustamine? Kus seda kasutatakse?*

Kontrollitavatele õpilastele tuleb esitada lisaküsimusi varemõpitust või lasta neil demonstreerida ja nimetada antud tunnis õpitud laboratoorse töö vahendeid.

Koduseks ülesandeks jääb põhjalikum tutvumine laboratoorsete tööde üldreeglitega ja laboratoorse töö nr. 2 juhendiga.

5. tund.

Viiendas tunnis on jällegi töö põhimeetodiks õpilaste iseseisev töö, õpetaja seletustel ja demonstratsioonidel on siin märgatavalt väiksem osatähtsus kui eelmises tunnis.

Õpetaja jutustab tunni algul, et Leningradi blokaadi ajal põlesid maha suured toiduainete laod. Inimesed tõid ladude asukohast mulda ja kasutasid seda tee magusaks tegemiseks. Küsimus õpilastele: «Kuidas toimiksite teie, kui teil on suhkur või sool segunenud mullaga?»

Õpilased on tööjuhendiga tuttavad, nad leiavad oma laudadelt mullaga segatud soola ja teevad kohe õige ettepaneku selle puhastamiseks.

Nüüd palub õpetaja õpilasi veel veidi kannatada töö juurde asumisega, sest enne on vaja veenduda, kas tuntakse küllalt hästi vajalikke töövõtteid. Kutsutakse paar õpilast klassi ette ja antakse neile korraldused: «Valmista filter! Vala vedelik filtrile! Süüta ja kustuta piirituslamp! Aseta portselankauss statiivirõngale ja paiguta ta lambi leegi kohale õigele kõrgusele!»

Kui on selge, et õpilased valdavad õigeid töövõtteid, lubatakse kogu klassil tööle asuda. Õpetaja jälgib tööd ja juhendab, kus vaja, individuaalselt.

Õpilased peaksid töö kohta vormistama protokolli kohe töö käigus. Selleks tuleb kasutada aega, millal toimub lahuse filtreerimine ja aurustamine. Kui vormistamisel tekib ajapuudus, võib lubada joonise lõpetada kodus.

Õpilastele meeldib väga, kui õpetaja palub neid võtta väike proov puhastamata ja puhastatud soolast ning need tsellofaankotikestes protokolli külge kleepida.

Järgmiseks tunniks palub õpetaja korrata kõike, mida seni keemia tundides on õpitud. Kordamisel kasutagu õpilased õpikus leiduvaid ja õpetaja poolt tundides antud kordamisküsimusi.

6. tund.

Jutustuse ja vestluse kaudu, mis on näitlikustatud mõnede lihtsate laboratoorsete katsete ning demonstratsioonidega, selgitab õpetaja füüsikaliste ja keemiliste nähtuste erinevusi.

Sissejuhatuseks võib õpetaja luua pildi meid ümbritsevas maailmas toimuvate nähtuste mitmekesisusest:

«Teame, et meid ümbritsevad igapäevases elus tuhanded erinevad ained. Oleme tähele pannud, et ained väga sageli teevad läbi mitmesuguseid muutusi. Täna hommikul muutsite te seebi toredaks valgeks vahuks, põletasite puid või gaasi, lahustasite kohvis suhkrut, sulatasite pannil rasva, võib-olla oli mõnes kodus piim hapuks läinud, teistel aga külmutuskapis jää veeks sulanud. Kõige tavalisemad ained, millega iga päev kokku puutute, tegid läbi mingi muutuse.

Palun nimetage teiegi mõned näited ainetega toimuvaist muutustest!»

Kui õpilased näidete nimetamisega kimpu jäävad, võib neid küsimuste abil suunata:

«Mis toimub raudesemega, kui see niiskesse kohta seisma jääb? Mis saab kivisõest keskkütteahjus? Kuidas muutub ehitussegu mõnda aega õhu käes seistes?»

Seejärel teevad õpilased mõned laboratoorsed katsed.

Füüsikaliste nähtuste selgitamiseks võib valida paljude sobivate katsete hulgast suhkru peenestamise, vasktraadi painutamise, parafiini sulatamise ja kriiditüki murdmise.

Keemilistest nähtustest on hea näidata suhkru söestamist, vasktraadi reageerimist lämmastikhappega, parafiinküünla põlemist ja kriidi reageerimist soolhappega.

Katseid on soovitatav sooritada selliselt, et paralleelselt toimuks sama ainega nii füüsikaline kui ka keemiline nähtus. Üks pinginaabreist näiteks sulatab katseklaasis parafiinküünla tükikese, teine süütab küünla põlema. Kohe, kui katse tehtud, püütakse leida vastus küsimusele: «Mis on neis kahes nähtuses erinevat?»

Õpetaja peab lõpuks selgitama, et füüsikaliste nähtuste puhul ei muutu aine molekulide koostis, keemilistes nähtustes on aga reeglina tegemist molekulide muutumisega. Õpilastel tuleb lasta seda seletust korrata.

Taotleb õpetaja suuremat põnevust ja huvi äratamist, valib ta lisaks veel mõne katse praktilisest elust (fotopaberi tumenemine, lubja kustutamine) või huvitava keemia vallast — vaskraha hõbetamine, ammooniumdikromaadi lagunemine.

Tund lõpeb kokkuvõtva vestlusega kõigest, mida seni keemia tundides on õpitud. See on ettevalmistuseks järgmisel tunnil toimuvaks lühikeseks kontrolltööks. Kas õpetaja sellest tööst ette hoiatab või korraldab töö ootamatult, oleneb muidugi õpilastest ja õpetaja pedagoogilistest taotlustest.

7. tund.

Kirjaliku lühikontrolli teemad võiksid olla järgmised.

A. 1. *Iseloomusta füüsikalisi nähtusi, too näiteid.*
2. *Millal kasutatakse filtreerimist ainete eraldamiseks segust?*
3. *Millised nähtused tõestavad molekulide liikumist?*

B. 1. *Iseloomusta keemilisi nähtusi, too näiteid.*
2. *Millal kasutatakse setitamist ainete eraldamiseks segust?*
3. *Milles avalduvad molekulaarjõud?*

Küsimused peaksid õpetajal kindlasti olema varem paljundatud kirjutusmasinal või kirjutatud tahvlile, et õpilased kirjutaksid ainult vastused.

Tunni teises osas esitatakse õpilastele teema «Keemiliste reaktsioonide tunnused».

Keemiliste reaktsioonide tunnuste tutvustamisel tuleks lähtuda õpilaste tähelepanekutest ja muljetest, mis nad saavad vahetult katsetest. Õpilastel on veel vähe laboratoorse töö kogemusi, enamik selles tunnis vajalikke katseid (värvuse muutumine, põlemisreaktsioon, sademe tekkimine) tuleks õpetajal demonstreerida. Iga katse järel küsitakse õpilastelt, mis nende arvates muutus, millise väliselt märgatava tunnusega oli tegemist. Lõhna eraldumist on õpilastel kaugelt raske tunda, seetõttu võiks lupja ja am-

mooniumkloriidi õpilaslaudadel olla, nii et õpilased nende kahe aine segamisel tekkiva lõhna eraldumises ise saaksid veenduda. Ka kriidi ja soolhappe vaheline reaktsioon on laboratoorse katsena hõlpsasti teostatav, demonstratsioonikatseks aga vähem sobiv.

Iga katse demonstreerimisele (või sooritamisele õpilaste poolt) järgnegu lühike vestlus sellest, kas õpilased analoogilisi nähtusi ka elus on tähele pannud. Erksamad õpilased lisavad tavaliselt omapoolseid tähelepanekuid — vee ja karbiidi reageerimisel tekib gaas, muna hakkab seismisel haisema, valgust ja soojust eraldub mitmesuguste ainete põlemisel, fotopaber muutub ilmutiga reageerimisel mustaks jne.

Õpetaja lõpetab tunni omapoolsete täiendustega, nimetades veel näiteid keemilistest reaktsioonidest, kus esinevad eespool õpitud tunnused, rõhutab, et ka lõhna või värvuse kadumine, soojuse neeldumine ja teised vastandnähtused õpitud tunnustele võivad viidata keemilise reaktsiooni toimumisele.

Koduseks ülesandeks jääb õpilastele valmistuda õpitud peatükki jutustama tahvlile kirjutatud kava alusel.

Keemiliste reaktsioonide tunnused.

Mida nimetatakse keemiliseks reaktsiooniks?

Keemilise reaktsiooni tunnused:

1) gaasilise aine eraldumine (sooda ja soolhappe reageerimisel);
2) värvuse muutumine (vasksulfaadi lahuse ja ammoniaagi vesilahuse vastastikusel toimel);
3) sademe tekkimine (sooda ja baariumkloriidi lahuste reageerimisel);
4) lõhnava aine tekkimine (ammoniaagi tekkimine lubjast ning ammooniumkloriidist);
5) valguse ja soojuse eraldumine (söe või magneesiumi põlemisel õhus).

8. tund.

Enne kui asutakse tunni teema «Lagunemisreaktsioon» käsitlemisele, selgitatakse lühidalt kontrolltöös esinenud tüüpilisemaid vigu ja kontrollitakse õpilaste teadmisi keemilise reaktsiooni kohta.

Lühike frontaalne vestlus võiks toimuda järgmise kava alusel.

1. *Kuidas nimetatakse meid ümbritsevas maailmas toimuvaid muutusi?*
2. *Milliseks kaheks suureks alarühmaks jagatakse kõik muutused?*
3. *Iseloomustage füüsikalisi nähtusi. Tooge näiteid.*
4. *Mille poolest keemilised nähtused erinevad füüsikalistest? Tooge näiteid.*

Siis kutsutakse vastama üks õpilane, kes annab seotud jutustuse kujul ülevaate eelmises tunnis käsitletud teemast. Talle esitatakse ka paar küsimust raudvarast, näiteks: «Mille poolest erineb segu puhtast ainest? Mida nimetatakse difusiooniks?»

Tunni põhimeetodiks on õpilaste iseseisev praktiline töö ja sellest järelduste tuletamine. Teadmiste andmiseks kasutatakse ka demonstratsioonikatset ja õpikut.

Õpetaja jutustab lühidalt maailmas toimuvate keemiliste nähtuste rohkusest ja mitmekesisusest ning teatab, et keemilisi reaktsioone võib jagada mitmeks põhitüübiks, millest üht õpitakse tundma käesolevas tunnis.

Demonstratsioonikatseks on elavhõbeoksiidi lagunemine. Katseseade tuleb kokku monteerida õpilaste nähes. Neile peab seejuures selgeks saama, kuidas kinnitada katseklaas statiivi näpitsasse ja kuidas kuumutada katseklaasis olevat ainet. Hapnikku on õige koguda läbi vee, siis on gaasi eraldumine paremini nähtav. Katseklaasi kogunenud hapnik tehakse kindlaks hõõguva pirru abil. Et katseklaasi seintele tekkinud elavhõbedatilgakesi näeksid kõik õpilased, peab õpetaja neile katseklaasi lähedalt näitama. Kuni õpetaja pinkide vahel ringi käib ja elavhõbedat näitab, vestleb ta õpilastega.

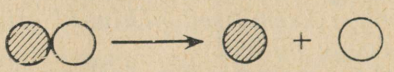
1. *Millise aine panin ma sellesse katseklaasi?*
2. *Mis eraldus katseklaasist toru kaudu?*
3. *Millist ainet näete praegu katseklaasis?*
4. *Elavhõbeoksiid oli puhas aine ja koosnes ühte liiki molekulidest. Kuidas mõista seda, et ühest ainest sai tekkida mitu ainet?*
5. *Milline nimetus tuleks anda sellisele reaktsioonile, kus üks aine laguneb mitmeks erinevaks aineks?*

Nüüd läheb õpetaja demonstratsioonilaua juurde tagasi ja kirjutab tahvlile:

Lagunemisreaktsioon.

elavhõbeoksiid → elavhõbe + hapnik

Seejärel näidatakse elavhõbeoksiidi molekuli mudelit (plastiliinist) ja lisatakse tahvlile ning vihikuisse skeem:



Õpetaja teatab, et teise katse lagunemisreaktsiooni kohta teevad õpilased ise. Tehakse korraldus võtta katseklaasi veidi vask(II)hüdroksiidkarbonaati ja seda lähemalt vaadelda. Siis suletakse katseklaas korgiga, mida läbib gaasijuhtetoru, süüdatakse piirituslamp ja kinnitatakse katseseade statiivi külge, nii et toru ots ulatuks lubjaveega täidetud katseklaasi ja katseklaas oleks piirituslambi leegi ülemises kolmandikus. Mõne minuti pärast palub õpetaja lambid kustutada ja esitab õpilastele küsimusi.

1. *Milline gaas väljus gaasijuhtetorust?*
2. *Milline aine kogunes katseklaasi seintele?*
3. *Katseklaasi jäi aine, mida nimetatakse vaskoksiidiks. Millised on vaskoksiidi omadused?*
4. *Kuidas nimetaksid sellist keemilist reaktsiooni?*

Vihikuisse kirjutatakse:

vaskhüdroksiidkarbonaat → vaskoksiid + vesi + süsinikdioksiid

Sellele peaks järgnema katseseadme joonistamine, kui seda pole jõutud juba töö käigus teha.

Lõpuks laseb õpetaja leida vastuse järgmistele küsimustele.

1. *Kuidas defineeritakse lagunemisreaktsiooni?*
2. *Milline tähtsus on lagunemisreaktsioonidel?*

Järgmises tunnis peavad õpilased oskama teema «Lagunemisreaktsioon» kohta esitada seotud jutustuse. Õpetaja annab juhendeid, kuidas seda kodus ette valmistada.

9. tund.

Teema «Ühinemisreaktsioon» õppimine on meetodeilt väga lähedane eelmisele õppetunnile.

Võib alustada jällegi frontaalse vestlusega.

1. *Mille poolest erinevad keemilised nähtused füüsikalistest?*
2. *Millised tunnused viitavad keemilise reaktsiooni toimumisele?*
3. *Millist keemiliste reaktsioonide põhitüüpi õppisime tundma eelmises tunnis?*
4. *Defineerige lagunemisreaktsiooni.*
5. *Tänases tunnis teeme katse, mis peab selgitama, kas on võimalik ka lagunemisreaktsioonile vastupidine nähtus — mitmest ainest ühe aine tekkimine.*

Väävliõis ja rauapulber on varem jaotusmaterjalina laudadele välja pandud. Abimaterjalina on laudadel ka vesi ja magnetraud. Õpilastel tuleb väävli ja raua omadustega tutvuda ning neid kirjeldada. Tundmaõpitud ainete omadused võib kanda vihikusse ka tabeli kujul.

	Väävel	Raud
Värvus	kollane	tumehall
Vees	jääb pinnale, kuna ei märgu	vajub põhja
Magnet	ei mõju	tõmbab külge

Õpilased segavad väävlit ja rauda ning eraldavad võetud komponendid jälle segust.

Õpetaja võtab 3,2 g väävli- ja 5,6 g rauapulbrit (enne tundi valmis kaalutud), segab need hoolikalt, asetab suuremasse katseklaasi ning kuumutab segu. Kui segu hakkab hõõguma, eemaldatakse lamp ja oodatakse, kuni reaktsioon lõpeb. Katse tuleb teha tõmbekapis. Seepärast ei lasta seda teha õpilastel. Kui katseklaas on veidi jahtunud, lüüakse ta katki ja peenestatakse tekkinud raudsulfiid uhmris. Saadud sulfiidipulber jagatakse õpilastele ja palutakse neil sellega tutvuda. Õpilaste tähelepanekud ja õpetaja täiendavad seletused võib töövihikusse märkida jällegi tabeli kujul. (vt. lk. 198).

Teema käsitlus lõpeb ühinemisreaktsiooni definitsiooni õppimisega.

Tunnis peaks jääma aega veel ühe õpilase küsimiseks teemal «Lagunemisreaktsioon». Kui õpilased vaatlustega küllalt kiiresti toime ei tule, pole õige neid ka kiirustada.

	Väävel + raud (segu)	Väävelraud e. raudsulfiid (keemiline ühend)
Lähteainete kaalusuhe vahekord	ükskõik milline	kindel
Tekkimisel	soojust ei vabane	tekib soojus
Lähteainete omadused	säilivad	ei säili
Koostis	ebaühtlane	ühtlane
Molekulid	mitu liiki	kõik ühesugused

Siis tuleb teatada, et õpetaja kontrollib teadmisi lagunemisreaktsiooni kohta järgmises tunnis, milleks tuleb valmistuda jutustama ka teemat «Ühinemisreaktsioon».

10. tund.

Tund, milles käsitletakse teemasid «Aatom» ja «Aatommass», on üks vastutusrikkamaid. Põhiliseks meetodiks saab siin olla jälle v e s t l u s.

Alustada tuleks teadmiste kontrollimisega teemade «Lagunemisreaktsioon» ja «Ühinemisreaktsioon» kohta. Nagu juba eespool mainisime, sobib kontrollimise meetodiks õpilase individuaalne küsitlus. Seejuures ei tohi unustada küsimusi raudvarast. (Mida nimetatakse aineks? Kuidas seletada lõhnade levimist ruumis? Võrdle molekulide liikumise kiirust vedelikes ja gaasides. Mille poolest erinevad puhtad ained segudest? Nimeta keemiliste reaktsioonide tunnuseid.)

Teema käsitlemist alustab õpetaja lühikese kokkuvõttega seniõpitust. Ta peab rõhutama, et katsed ühinemis- ja lagunemisreaktsiooni kohta annavad võimaluse järelduste tegemiseks aine ehituse kohta. Katsetest selgus, et elavhõbeoksiidi ja raudsulfiidi molekulid koosnevad väiksematest osakestest. Need osakesed keemiliste reaktsioonide puhul enam väiksemateks ei jagune. Selliseid keemiliselt jagamatuid osakesi nimetatakse aatomiteks.

Sõna «aatom» on paratamatult kasutatud juba eelmistes tundides, õpilased on seda mõistet õppinud eelmisel õppeaastal füüsika tundides, tähelepanelikumad õpilased on mõndagi meelde jätnud raadiost, televisioonist ja ajakirjandusest. Õpetajal pole mõtet «lahtisest uksest sisse

murda», tal peab jätkuma oskust vestluses välja tuua kõik see, mida lapsed juba teavad ja lisada omalt poolt mõned huvitavad faktid. Teema piltlikumaks muutmiseks võib lugeda Jurmini teosest «Lõbus kunstnik» peatüki «Tellised ja tellisekesed».

Õpilastel tuleb anda põgus ülevaade ka molekulaar-atomistliku teooria kujunemisest ja kaasaegsetest seisukohtadest aatomi ehituse kohta. Õpetaja viib vestluse läbi järgmise küsimustiku alusel. Ta kirjutab küsimused tahvlile, nii et need jääksid ühtlasi õpetatava teema kavaks.

1. *Mida käsitleb molekulaar-atomistlik teooria?*
2. *Kuidas see teooria tekkis ja arenes?*
3. *Milline on tänapäeva inimeste kujutlus aatomist?*
4. *Aatomi definitsioon.*
5. *Mida tead aatomite mõõtmetest?*
6. *Aatommass.*
7. *Süsinikuühik.*

Kahele viimasele kavapunktile annab õpetaja ise vastuse.

Uusi mõisteid kinnistatakse lihtsa reprodutseerimise teel ja harjutuste abil, milles võrreldakse üksikute elementide aatommasside suurusi omavahel.

Õpilaste vastuseid uue õppematerjali omandamisel ja kinnistamisel võib hinnata.

11. tund.

Õpetaja teatab, et lähemal ajal tuleb kontrolltöö. On vaja aegsasti korrata ja süstematiseerida oma teadmisi. Selleks peab kaasa aitama ka käesolevas tunnis demonstreeritav film.

Vaadatakse filmi «Aatomirelva füüsikalised alused» esimest osa ja vesteldakse õpilastega molekulaar-atomistliku teooria põhialustest.

1. *Mis on ainete koostisosad?*
2. *Mis on molekulide põhiomadus?*
3. *Võrdle molekulide liikumiskiirust tahkes, vedelas ja gaasilises aines.*
4. *Millised nähtused tõestavad molekulaarjõudude olemasolu?*
5. *Millest koosnevad molekulid?*
6. *Kuidas tekkis ja arenes molekulaar-atomistlik teooria?*

7. *Milline ettekujutus valitseb tänapäeval aatomitest?*
8. *Millistes ühikutes väljendatakse aatomite kaalu ja massi?*
9. *Mis on süsinikuühik?*

Selles tunnis omandatakse vestluse teel järgmised uued mõisted: lihtaine, liitaine, keemiline element, metall, mittemetall.

Õpetaja juhib õpilaste tähelepanu sellele, et ainete molekulid võivad koosneda kõik ühesugustest aatomitest, võivad aga sisaldada ka erinevaid aatomeid. Ta näitab skeemi, mis on tehtud samal printsiibil, nagu segude ja puhaste ainete koostist selgitav jooniski — erinevad aatomid on tähistatud mingite kokkuleppeliste tingmärkidega. Õpetaja laseb õpikust lugeda liht- ja liitaine definitsioone. Töövihikusse kirjutatakse:

1. *Lihtaine molekulid koosnevad ühesugustest aatomitest: vask, elavhõbe, hapnik, väävel jne.*
2. *Liitaine molekulid koosnevad erinevaist aatomeist: vesi, elavhõbeoksiid, suhkur, raudsulfiid jne.*

Kohe pärast seda tuleb näidata õpilastele, et üks ja sama tingmärk kordub skeemil nii lihtainete kui ka liitainete tähistuses. Seejärel sobib nimetada, et aatomite liiki, esinegu ta lihtaine või liitaine koostises, nimetatakse keemiliseks elemendiks. Uut mõistet võib kinnistada õpikust lugemise ja vihikusse kirjutamise teel.

Lõpuks lastakse õpilastel leida õpikust vastused järgmistele küsimustele.

1. *Mitu keemilist elementi tuntakse tänapäeval?*
2. *Millised elemendid on Maal kõige levinumad?*
3. *Nimetage omadusi, mille poolest erinevad metallid mittemetallidest.*
4. *Nimeta mõningaid metalle ja mittemetalle.*

12. tund.

Selle tunni eesmärgiks on tähtsamate keemiliste elementide sümbolite õppimine. On täiesti võimalik ühe õppetunni jooksul paarkümmend sümbolit ja keemiliste elementide rahvusvahelist nimetust selgeks õpetada.

Keemilise elemendi mõiste on õpilastele teada eelmisest tunnist. Vajadusest elemente lühidalt tähistada (siis kasutati selleks juhuslikke tingmärke) räägiti juba mõni tund tagasi. Õpetajal jääb üle öelda, et elementide keemilisi

tähistusi nimetatakse keemilisteks märkideks ehk sümboliteks, et see on «keemiline tähestik», mille tundmiseta pole võimalik hiljem keemiaalast kirjandust mõista. Tuleb selgitada, kuidas on rahvusvahelise kokkuleppe kohaselt tuletatud keemiliste elementide sümbolid.

Õpetaja loeb elementide ladinakeelsed nimetused ise kord või paar ette, laseb neid õpilastel kooris ja üksikult korrata, kuni hääldamisega enam ei eksita. Seejärel laseb õpetaja õpilastel 5—10 minutit vaikselt õppida (võib lubada pinginaabreid tasase häälega teineteist küsitleda) ja annab siis mängimiseks keemia loto.

Loto koosneb postkaardisuurusest tabelist, millel on 9 või 12 keemilise elemendi nimetust,

elavhõbe	hõbe	kuld
lämmastik	vesinik	naatrium
väävel	räni	tina

ja niisama suurest arvust väikestest ruutudest, millel on samade elementide sümbolid. Väikesed ruudud on valmistatud järgmiselt: piltpostkaardi tagakülg kleebitakse üle joonistuspaberiga ja joonestatakse sellele niisama suured lahtrid nagu esimesel kaardil. Sümbolid kirjutatakse täpselt samas järjekorras nagu nimetusedki.

Hg	Ag	Au
N	H	Na
S	Si	Sn

Pärast lõigatakse postkaart joonipidi ruudukesteks.

Töö lotoga toimub lihtsalt. Õpilane asetab nimetustega kaardi oma õpiku peale (muidu on pärast halb ümber pöörata), paneb sellele ruudukesed sümbolitega ja katab need päeviku või töövihikuga, keerab ümber, võtab pealmise kaardi (enne oli see alumine) ära ja vaatab, kas ta sai korralikult kokkupandud pildi. On pilt terviklik, teab õpilane sümboleid hästi. On pilt valesti kokku pandud, tuleb uuesti alustada.

Lotosid peab õpetajal olema paar tükki rohkem kui õpilasi, nii et õpilastele, kes ühe pildi õigesti kokku seadsid, võiks kohe uue anda.

Loto tuleb koostada nii, et ühel kaardil esineksid elementide sümbolid, mis kipuvad tavaliselt õpilastel segi minema: Na ja N, Si ja S, Zn ja Sn, Ag ja Hg jne.

Kui õpilased on 10—15 minutit loto abil sümboleid harjutanud, võib nende teadmisi juba kontrollida. Korraldatakse diktaat: õpetaja nimetab elemendi eestikeelse nimetuse, õpilased kirjutavad sümboli. Võib lasta ka õpilastel tahvlile kirjutatud sümbolite järgi nimetusi öelda.

Tunni lõpul teatab õpetaja, et ta kontrollib kõigi õpilaste teadmisi järgmisel tunnil.

13. tund.

Kontrollida ja hinnata tuleb eranditult kõigi õpilaste oskust kirjutada keemiliste elementide sümboleid. Õpilasi, kes selleks tunniks pole toime tulnud keemiliste märkide selgeksõppimisega, peab järgmises tunnis või väljaspool tundi uuesti kontrollima, kuni nad on omandanud nõutavad teadmised.

Kui õpetajal on võimalus kontrolltöö küsimusi masinal paljundada, annab ta õpilastele lehekesed, millele on märgitud 10 sümbolit ja 10 nimetust.

Kui aga pole võimalust kirjutusmasina kasutamiseks, kirjutab õpetaja sümbolid ja nimetused kaardikestele (sümbolitele 10 × 10 cm, nimetustele 10 × 30 cm), näitab neid vaikides õpilastele, hoides paremas käes ühele rühmale ja vasakus käes teisele rühmale määratud ülesannet. Õpilased peavad kohe märkima nõutava vastuse, teist korda sama sümbolit enam ei näidata.

Selline kontrollimine ei võta aega üle 10 minuti, suurema osa tunnist võib õpetaja kulutada kontrolltöö ettevalmistamisele. Ta vastab õpilaste küsimustele eelseisva töö kohta ja vestleb probleemide üle, mis eelmises tunnis tundusid õpilastel veel mitte selged olevat.

Kuna senine töö keemiliste sümbolite õppimisel oli peamiselt kirjalik (kirjapildi omandamine), siis tuleks tunni lõpust 10 minutit jätta veel sümbolite hääldamise treeningule. Õpilastele teeb raskusi meelde jätta, millist keemilist märki hääldatakse ühe tähena, millist terve nimetusena (kloor, naatrium, kaalium jne.) Harjutamiseks

sobib hästi järgmine lihtne mäng. Õpetajal on sümbolid tahvlile (või kantavale tahvlile) kirjutatud. Ta näitab neid juhuslikus järjekorras, õpilased tõusevad kiiresti üksteise järel pinkidest ja nimetavad sümboleid. Kes õpilastest eksib, jääb püsti seisma. Järgmine «ring» toimub ainult püstiseisjate vahel. Küsitlus kestab kuni viimase püstiseisjani.

14. tund.

Kontrolltöö küsimused.

A. 1. *Mille poolest erinevad segud puhastest ainetest?*
2. *Iseloomusta lagunemisreaktsiooni.*
3. *Selgita füüsikaliste ja keemiliste nähtuste erinevust.*
4. *Mis on keemiline element?*
5. *Mis toimub tahke aine veeldumisel?*

B. 1. *Mille poolest erinevad lihtained liitainetest?*
2. *Iseloomusta ühinemisreaktsiooni.*
3. *Missugused on keemilise reaktsiooni tunnused?*
4. *Mis on aatom?*
5. *Mis toimub vedeliku aurumisel?*

Õpilased peaksid jõudma selle töö teha 30 minutiga.

Tunni teises osas tuleb käsitlemisele teema «Molekulide valemid». Õpetaja lühikesele seletusele järgneb harjutamine, seega on põhiliseks meetodiks õpilaste iseseisev töö.

Õpetaja teeb kõigepealt teatavaks, et molekulide koostise tähistamiseks kasutatakse rahvusvahelise kokkuleppe kohaselt keemilisi valemeid. Rõhutada tuleb seda, et iga aine koostisel on kaks külge: 1) millistest elementidest aine koosneb; 2) kui palju ühe või teise elemendi aatomeid kuulub molekuli koostisse.

Õpilastel palutakse nimetada aineid, millega on käesoleval õppeaastal keemia tundides kokku puututud. Õpetaja kirjutab nende ainete valemid tahvlile ja kommenteerib seda.

Õpilane: «Vesi.»

Õpetaja: «Vee molekul koosneb kahest vesiniku aatomist ja ühest hapniku aatomist.» Ta kirjutab: «H_2O».

Õpilane: «Hapnik.»

Õpetaja: «Hapnik on lihtaine ja koosneb ainult element

hapniku aatomitest. Iga hapniku molekul koosneb kahest aatomist.» Ta märgib tahvlile: «O_2».

Õpetaja peab andma täiendava selgituse indeksi kohta. Võib lihtsalt öelda: «Nagu te kindlasti tähele panite, kirjutasin iga kord, kui elemendi aatomite arvu nimetasin, elemendi sümboli kõrvale väikese numbrikese. Selle nimetus on «indeks»».

Siis kirjutab õpetaja ise mõned valemid tahvlile ja laseb õpilastel nende sisu lahti mõtestada. Paari esimese valemi koostise võib õpetaja ise selgitada.

Kirjutatakse: «H_2SO_4.»

Õpetaja selgitab: «Selle aine molekul koosneb kahest vesiniku aatomist, ühest väävli aatomist ja neljast hapniku aatomist.»

Kirjutatakse: «$AgNO_3$.»

Õpilane ütleb: «Selle aine molekul koosneb ühest aatomist hõbedast, ühest aatomist lämmastikust ja kolmest aatomist hapnikust.»

Nüüd tuleb õppida valemeid lugema. Valemid, mis kirjutati harjutamise käigus tahvlile, loetakse «keemia keeles» lühidalt ette. Näiteks: «Ha-kaks-es-oo-neli, argentum-en-oo-kolm jne.» Algul loeb õpetaja paar valemit, siis teevad seda õpilased.

Koduseks tööks antakse igale õpilasele leheke kirjaliku harjutusega (kuni ei ole veel trükitud töövihikut). Dikteerimiseks selles tunnis aega ei jätku (õieti ei tohiks selleks aega kulutada üheski tunnis).

Harjutus võiks olla järgmine.

Kirjuta valemid, kui aine molekul koosneb:

1) ühest tsingi aatomist, ühest süsiniku aatomist ja kolmest hapniku aatomist;

2) kolmest raua aatomist ja neljast hapniku aatomist;

3) kahest alumiiniumi aatomist ja kolmest väävli aatomist;

4) ühest süsiniku aatomist, ühest vesiniku aatomist ja kolmest kloori aatomist.

15. tund.

Tunni teemaks on «Molekulmass», käsitluse põhimeetodiks õpilaste iseseisev harjutamine.

Enne kui asuda molekulmassi arvutamisele, tuleb kontrollida, kuidas õpilased mõistavad keemiliste valemite

sisu. Kontrolliks sobib diktaat. Õpetaja ütleb molekuli koostise ja õpilased kirjutavad valemid. Õpetaja loeb: «Molekul koosneb ühest aatomist kaltsiumist, ühest aatomist süsinikust ja kolmest aatomist hapnikust.» Õpilased kirjutavad: «$CaCO_3$.»

Sellele järgneb pöördharjutus. Õpetaja näitab valemeid (tahvlil või kaardikestel), õpilased peavad iseloomustama selle alusel ainete koostist.

Harjutada tuleb seni, kuni õpilastel valemite tundmine tõesti selge on ja sümbolitega enam ei eksita. Alles siis võib üle minna molekulmassi õpetamisele. See peaks olema tõeliselt õpetav harjutamine, hindamist pole siin isegi vaja.

Tuleb veel selgitada, et juhul kui mingi aatomite rühm esineb molekuli koostises mitu korda, tähistatakse teda molekuli valemis sulgudes ja sulgude järele märgitakse indeks, mis näitab kogu rühma kordumist molekulis. Näiteks $Ca(OH)_2$, $Al(NO_3)_3$. Pärast seletust tuleb taolisi valemeid ka harjutada.

Kui valemite kirjutamine läheb küllalt ladusalt, annab õpetaja seletusi molekulmassi kohta. Ta meenutab, et igal aatomil on kindel mass ja palub õpilastel korrata aatommassi ning süsinikuühiku definitsioone. Siis juhitakse õpilaste tähelepanu sellele, et iga molekul on ju mingisuguste aatomite kindel kogumik, järelikult peab kõikide molekuli moodustavate aatomite masside summa moodustama molekuli massi. Kuna molekuli mass on samuti väga väike, väljendatakse sedagi suhtelistes ühikutes. Õpitakse selgeks mõiste «molekulmass» ja korratakse veel kord, mida tähendab «süsinikuühik». Siis hakatakse harjutama.

Esialgu märgib õpetaja klassitahvlile molekulmasside arvutamise käigu. Seejärel laseb ta seda teha paaril õpilasel. Edaspidi võib juba anda mõned valemid iseseisvaks tööks ja lõpuks anda kodune ülesanne (näiteks harjutused 11, 12 ja 13 õpiku 41. leheküljelt). Õpilastele teatatakse, et järgmisel tunnil on lühike kontrolltöö valemite kirjutamise ja molekulkaalu arvutamise kohta.

Tunni lõpul tagastab õpetaja kontrolltööd ja analüüsib neis esinenud vigu.

16. tund.

Selles tunnis kontrollitakse kirjalikult molekulmasside arvutamise oskust. Õpetaja peab olema aegsasti mõelnud sellele, kuidas ta õpilastele teatab aatommassid. Õpiku tabel selleks ei kõlba, sealt saaksid õpilased vaadata ka sümboleid, neid tuleb aga teada peast. Võib teha iga õpilaslaua jaoks tabeli, kuhu on märgitud elementide eestikeelsed nimetused ja aatommassid (kooli fotoringile on selliste tabelite paljundamine jõukohane ja huvitav töö). On mõeldav ka kõikide töös esinevate keemiliste elementide aatomkaalude kirjutamine tahvlile.

Pärast kontrolltööd tuleb käsitlemisele teema «Aine koostise püsivuse seadus». Siin peab õppemeetodina domineerima õpetaja jutustus, mis tunni lõpul läheb üle vestluseks ja harjutamiseks.

Õpetaja lähtub oma jutustuses põhiliselt seniõpitud keemilistest reaktsioonidest ja katsetest, mida on käsitletava seaduse avastamisel tehtud keemia ajaloos.

Lõpuks laseb õpetaja leida keemiliste elementide kaalulisi suhteid mitmete ainete koostises ja annab ka koduseks tööks mõned taolised harjutused.

17. tund.

Tunni algul tuleks meenutada viimastes tundides omandatud teadmisi. Vestluse ajal võib lasta mõnedel õpilastel arvutada molekulmasse. Kui tunnikontrollis kordus mõni tüüpiline viga, võib lasta tahvlile teha harjutuse, mille kaudu hiljem on hea õpilastele selgitada selle vea tekkimise põhjusi. Võib kontrollida ka nende õpilaste teadmisi, kes eelmisel tunnil puudusid.

Pärast vestlust ja kirjaliku töö vigade analüüsi algab ülesannete lahendusvõtete õppimine. Mõningaid juhendeid ülesannete lahendamiseks oleme andnud eespool. Siinkohal pole mõtet neid korrata. Ülesannetele tuleks kulutada esialgu 2—3 tundi ja edaspidi igas tunnis anda lahendada paar ülesannet.

Me ei kirjelda ka I peatüki viimaseid tunde, kuna valentsi ja reaktsiooni võrrandite õpetamiseks oleme andnud juhtnööre käesoleva raamatu I osas.

VI. KEEMILISTE ÜHENDITE PÕHIKLASSIDE KÄSITLEMISEST.

1. TEEMA KÄSITLUSE PÕHILISED EESMÄRGID.

Keemia õppimise käigus 7. klassis muutub pidevalt õpilaste suhtumine õppeainesse. Algul huvitab neid keemiliste nähtuste väline külg: ainete värvuse muutumine, plahvatused, süttimine, kristallide teke jne. Hiljem väheneb huvi väliste efektide vastu, õpilasi haaravad mitmesugused huvitavad faktid õhust, hapnikust, vesinikust, veest jne. Viimati märgitud ainete õppimisel ei leita aga seaduspärasusi, mis lihtsustaksid aine omandamist. Seetõttu kujuneb arvamus, et keemias ei ole tarvis millestki aru saada, vaid et tuleb meeles pidada palju üksteisega seostamata fakte. Mõnedele õpilastele tundub, et keemiat on väga raske selgeks saada, kuna ei osata otsustada, kas ja kuidas reageerivad vaadeldavad ained.

Keemiliste ühendite põhiklasside õppimise üheks ülesandeks ongi arusaadava loogilise süsteemi kujundamine anorgaanilistest ainetest. Nimetatud peatüki õppimise järel peaksid õpilastel kujunema sellised ettekujutused hapete, aluste, oksiidide ja soolade omadustest, et asudes õppima mistahes keemilist elementi, suudaksid nad ette näha selle elemendi ühendite koostist ja toimet teistesse ainetesse.

Hapete, aluste, oksiidide ja soolade tähtsamate esindajate käsitlemisega laiendatakse ka noorte polütehnilist silmaringi, kuna õpilased omandavad sealjuures teadmisi rahvamajanduse seisukohalt tähtsatest ainetest ja ka mõningaid kogemusi keemiliseks eksperimendiks. Vaadeldava teema käsitlemisel arendatakse õpilastes ka vaatlemisoskust ja iseseisvat mõtlemist.

Keemiliste ühendite põhiklasse on võimalik käsitleda mitmes erinevas järjekorras. Mõnedel juhtudel alustatakse alustest ja hapetest, teistel juhtudel oksiididest. Ilmselt

on võimalik õpitavat selgeks teha mitmeti, kui ainult kinni pidada põhimõttest — lihtsamalt keerulisemale, üksikult üldisele. Käesolevas käsiraamatus kasutame käibeloleva õpiku järjekorda.

Ka keemiliste ühendite ühe põhiklassi piirides on võimalik õppematerjali mitmeti järjestada. Võib esitada algul kõik senini tehtud üldistused ja tõestada neid siis mitmesuguste ainete omaduste vaatlemise najal. Võib aga vaadelda algul mitme samasse klassi kuuluva aine omadusi, võrrelda neid omavahel, ja alles siis lasta teha üldistus õpilastel endil. Kahtlemata õigustab end enam viimati kirjeldatud viis, kuna sel juhul tunnevad õpilased üksikute ainete omadusi õppides siirast avastamisrõõmu, mis veelgi enam süveneb järelduste ja üldistuste tegemise ajal.

Alljärgnevalt võtame üksikasjalikumalt vaatluse alla aluste ja hapete käsitlemise 7. klassis ning hapete kordamise ja süvendamise 8. klassis.

2. ALUSTE KÄSITLEMINE 7. KLASSIS.

a) Naatriumhüdroksiid.

Aluste käsitlemist on kõige sobivam alustada naatriumhüdroksiidi kui tüüpilise alusega, mis leiab ka kõige enam rakendamist keemiatööstuses. Kirjeldatavas tunnis kasutatakse vestlusmeetodit, kusjuures vaatlusteks ja õpilaste poolt tehtavateks katseteks on laudadele paigutatud jaotusmaterjal. Tund tuleks läbi viia põhiliselt õpilaste poolt tehtud uurimuslike katsete ja vaatluste abil.

Tunnis käsitletavat materjali võiks jagada järgmistesse alateemadesse.

1. *Koostis (valem).*
2. *Füüsikalised omadused:*
   a) olek,
   b) värvus,
   c) hügroskoopsus,
   d) lahustuvus.
3. *Toime indikaatoritesse.*
4. *Söövitav toime orgaanilistesse ainetesse:*
   a) paberisse,
   b) villasse,

c) nahasse,
d) riidesse.

5. Kasutamine.

Koostise käsitlemisel tuleks eelkõige välja märkida naatriumhüdroksiidi valem ja seejärel selgitada hüdroksiidrühma kui ühevalentse aatomiterühmituse mõistet. Sealjuures võiks võrrelda ka naatriumhüdroksiidi ja vee molekulide ehitust.

Naatriumhüdroksiidi väliste omaduste tundmaõppimiseks on otstarbekas lasta õpilastel vaadelda pudelikestesse või katseklaasidesse pandud naatriumhüdroksiidi. Mõne kristalli võiksid õpilased valada klaasplaadil olevale paberilehekesele. Siinjuures on tarvis õpilasi hoiatada naatriumhüdroksiidi sattumise eest nahale või riietele. Õpetaja peaks demonstreerima ka naatriumhüdroksiidi suuri tükke. Vaatluse põhjal märgivad õpilased oma töövihikutesse uuritava aine agregaatoleku ja värvuse.

Selleks et tundma õppida naatriumhüdroksiidi hügroskoopsust, annab õpetaja korralduse jälgida muutusi, mis on toimunud paberile asetatud naatriumhüdroksiidi tükikestega. Õpilased veenduvad peatselt, et naatriumhüdroksiid on märgunud; mõned õpilased arvavad, et naatriumhüdroksiid sulab. Õpetaja peab selgitama, et naatriumhüdroksiid imab õhust nii intensiivselt veeauru, et lahustub osaliselt selles.

Naatriumhüdroksiidi hea lahustuvuse selgitamiseks annab õpetaja korralduse lisada katseklaasis olevale naatriumhüdroksiidile vähesel hulgal vett. Soojuse eraldumist temperatuuri tõusu näol võivad õpilased peatselt tunda.

Naatriumhüdroksiidi keemiliste omadustega tutvumiseks tuleks õpilastele näidata leelise lahuse toimet indikaatoritesse, paberisse ja villasesse riidesse. Esimese ja teise katse teevad õpilased, kuna kolmandat võib demonstreerida õpetaja.

Et paremini tundma õppida leelise lahuse mõju indikaatoritesse, võiks töö korraldada järgmiselt: igale õpilasele antakse kaks indikaatorpaberit; punane lakmuspaber ja filterpabeririba, mis on immutatud fenoolftaleiini lahusega. Õpilane asetab klaaspulga abil kummalegi paberitükile tilga naatriumhüdroksiidi lahust ja täheldab värvuse muutumist. Täienduseks võiks õpetaja demonstreerida järgmist katset: indikaatorite lahustele lisab ta tilk-

haaval leelist. Vaatluste tulemuse alusel teevad õpilased järelduse, milliseks muutub indikaatorite värvus naatriumhüdroksiidi juuresolekul.

Kui õpetaja on füüsikaliste omaduste õppimise ajal lasknud asetada paberilehele naatriumhüdroksiidi, on see paberileheke keemiliste omaduste käsitlemise ajaks muutunud hapraks; õpilased võivad selles kergesti veenduda venitamise abil.

Kuna leelise toime villasse avaldub aeglasemalt, võib õpetaja kasutada näitamiseks tunni eel tehtud katse tulemusi.

Lõpuks võiks õpilastel lasta hõõruda sõrmede vahel tilgakest naatriumhüdroksiidi lahjendatud lahust. Nad märkavad, et sõrmeotsad muutuvad libedaks. Kindlasti on sealjuures tarvis õpilaste tähelepanu juhtida äärmise ettevaatuse vajadusele ja selgitada, mis võib juhtuda, kui naatriumhüdroksiidi kangem lahus satub nahale või riidele. Ühtlasi tuleks õpilasi tutvustada ka lihtsamate esmaabivõtetega.

Naatriumhüdroksiidi kasutamist selgitab õpetaja vestluse teel, rakendades sealjuures õpilaste seniseid teadmisi nimetatud ainest.

b) Kaltsiumhüdroksiid.

Kaltsiumhüdroksiidiga tutvumine peaks olema küllaltki põhjalik, kuna see on aine, millel on suur majanduslik tähtsus ja mida kasutatakse väga erinevates tööstus- ja põllumajandusharudes.

Kaltsiumhüdroksiidi õpetamist võiks läbi viia sama plaani alusel nagu eelmises tunnis käsitletud naatriumhüdroksiidigi.

1. *Valem ja nimetused.*
2. *Füüsikalised omadused:*
   a) olek,
   b) värvus,
   c) lahustuvus.
3. *Toime indikaatoritesse.*
4. *Söövitav toime.*
5. *Kasutamine.*

Algul tuleks välja märkida kaltsiumhüdroksiidi valem ja seejärel võrrelda seda naatriumhüdroksiidi valemiga. Ühtlasi peaks siinjuures kordama ka kaltsiumhüdroksiidi

tehnilist nimetust, meenutades lubja kustutamise katset, mida tehti oksiidide omaduste käsitlemise juures.

Füüsikaliste omaduste tundmaõppimine toimugu iseseisva vaatluse teel.

Kui õpilased tegid katse lubja lahustuvuse kohta lahuste õppimisel, siis piirdutakse siin vaid selle meenutamisega. Kui õpilased lahuste käsitlemisel ise ei lahustanud kaltsiumhüdroksiidi, tuleks lasta neil teha seda nüüd, selgitades ka mõisteid «lubjapiim» ja «lubjavesi». Ühtlasi peaksid õpilased sel juhul kuumutama klaasplaadil tilgakese läbipaistvat lubjavett, et jõuda ise järeldusele: lubi lahustub vees.

Keemiliste omaduste kohta saavad õpilased ise teha katseid indikaatoritega (analoogiliselt katsetega naatriumhüdroksiidi juures). Kuna kustutatud lubja toime villale, nahale ja riidele on tunduvalt aeglasem kui seebikivile, võiks piirduda ainult sõnalise seletusega. Siinjuures sobib meenutada ka varem bioloogia tundides õpitut — süsihappegaasi toimet lubjaveesse.

Põhjalikult tuleb rääkida kustutatud lubja peamistest kasutusaladest, eriti kasutamisest ehitustegevuses. Seoses sellega sobib demonstreerida osa filmist «Lubja tootmine ja kasutamine».

Sellele tunnile võiks järgneda ekskursioon ehitusobjektile.

c) Vees lahustumatud alused.

Lahustumatute aluste käsitlemisel peaks õpilastele tutvustama vask(II)hüdroksiidi ja raud(III)hüdroksiidi koostist ning omadusi. Tundi võib läbi viia katsete demonstreerimisega, aga veelgi sobivam on õpilaste poolt teostatav eksperiment. Viimasel juhul on vaja eelnevalt valmistada iga õpilaslaua jaoks hästi puhastatud ainete näidised.

Ka lahustumatute aluste käsitlemine võiks toimuda analoogiliselt eelmiste tundidega.

Vask(II)hüdroksiidi füüsikaliste omaduste määramisega tekib õpilastel raskusi, kui ainet demonstreeritakse klassi ees. Sageli ei suuda õpilased otsustada, kas vaskhüdroksiid lahustub vees või mitte, kuna selle aine loksutamisel veega tekib ühtlane segu, mida ei osata eristada lahusest. Vask(II)hüdroksiidi mittelahustuvuse kindlakstegemiseks

võiks teha järgmise lihtsa katse. Filterpaberile asetatud vask(II)hüdroksiidile valatakse vett ja paar tilka saadud filtraadist aurustatakse klaasplaadil. Võrdluseks sobib teha samasuguse katse naatriumhüdroksiidiga.

Keemilistest omadustest on tarvis selgitada vask(II)-hüdroksiidi toimet indikaatoritesse. Vastavat katset on mõtet teha aga ainult sel juhul, kui kasutatav aine on täiesti vaba leeliselisandist.

Lahustumatute aluste tähtsaks omaduseks on nende dehüdratiseerumine. Selles suhtes on vask(II)hüdroksiid väga õnnestunud objekt: tema lagunemise saadused on õpilastele tuntud, lagunemisprotsess kulgeb kiiresti ja tulemused on hästi nähtavad.

Vaskhüdroksiidi kuumutamisel toimuva reaktsiooni analüüsi abil on võimalik jõuda järeldusele, et ka seda hüdroksiidi võib vaadelda oksiidist ja veest koosnevana nagu kaltsiumhüdroksiidigi, kuigi teda ei ole võimalik saada vaskoksiidi ja vee vahelisel reaktsioonil.

Raud(III)hüdroksiidiga tutvumine võiks toimuda analoogiliselt eelnevaga.

d) Kokkuvõte alustest.

Kokkuvõtliku tunni teema võiks jaotada järgmistesse alateemadesse:

1) aluste koostis;
2) aluste nimetused;
3) leelised.

Aluste koostisega tutvumiseks lastakse kirjutada kõikide seni õpitud hüdroksiidide valemid [NaOH, $Ca(OH)_2$, $Cu(OH)_2$, $Fe(OH)_3$]. Õpetaja küsimusele, missuguse elemendi sümbol on aluse molekulivalemis esikohal, vastavad õpilased kohe. Erilisi raskusi ei tee ka vastamine küsimusele, missugune rühm paikneb aluse molekulivalemis metalli aatomi sümboli järel.

Seejärel palub õpetaja öelda, mitu hüdroksiidrühma on ühe või teise aluse molekulis. Kui õpetaja on küsimuste varal meelde tuletanud ka naatriumi, kaltsiumi, vase ja raua valentsid, on õpilased suutelised tegema järelduse, et hüdroksiidrühmade arv aluse molekulis on võrdne metalli valentsiga.

Pärast seda, kui õpilased on lugenud õpikust aluste definitsiooni, harjutatakse nende valemite koostamist.

Kindlasti peab aga sellele eelnema tähtsamate ühe- ja kolmevalentsete metallide meenutamine.

Aluste nimetuste juurde asudes meenutatakse eelkõige, kuidas tuletatakse metallide oksiidide nimetusi. Kui õpilased on põhjalikult korranud oksiidide nimetusi, ütleb õpetaja, et aluste nimetused tuletatakse analoogiliselt nii püsiva kui ka muutuva valentsiga metallide korral. Sellele peaks järgnema harjutamine: õpetaja loeb aluste valemid, kirjutab need tahvlile või demonstreerib neid papile või linoleumile kirjutatult. Viimane töö on edukam, kui harjutamise käigus tuletatakse meelde ka tuntumad muutuva valentsiga metallid.

Selleks et kujundada mõistet leelised, on vajalik meenutada seni käsitletud aluste lahustuvust vees. Õpilastel on meeles, et naatriumhüdroksiid lahustub hästi, kuna kaltsiumhüdroksiid lahustub vähesel määral. Õpetaja väidab seejärel, et veel mõned alused, nagu kaaliumhüdroksiid, lahustuvad hästi vees ja et vees lahustuvaid aluseid nimetatakse leelisteks.

Ühtlasi meenutatakse varem õpitud naatrium- ja kaltsiumhüdroksiidi ühiseid omadusi.

Kinnistamiseks võib lasta lugeda õpikust vastava lõigu.

3. HAPETE KÄSITLEMINE 7. KLASSIS.

a) Väävelhape.

Hapete käsitlemist on soovitatav alustada väävelhappest kui ühest tööstuses ja laboratooriumis enam kasutatavast anorgaanilisest ainest, millel avalduvad hapetele iseloomulikud omadused. Vaadeldavat tundi on otstarbekas läbi viia õpilaste poolt tehtavate laboratoorsete katsete abil. Tunnis käsitletavat materjali sobib jaotada alateemadesse alljärgnevalt.

1. *Koostis.*
2. *Füüsikalised omadused:*
   a) olek, värvus, lõhn,
   b) hügroskoopsus,
   c) erikaal,
   d) maitse,
   e) lahustuvus.
3. *Söövitav toime:*
   a) riidesse,

b) nahasse,
c) puidusse,
d) suhkrusse,
e) paberisse.
4. Toime indikaatoritesse.
5. Kasutamine.

Pärast väävelhappe valemi tahvlile kirjutamist ning õpilaste vastuseid vesiniku, väävli ja hapniku aatomite arvu kohta väävelhappe molekulis asutakse vaatluse teel määrama väävelhappe lihtsamaid füüsikalisi omadusi. Igal laual peab olema pudelike kontsentreeritud väävelhappega. Enne katseid kontsentreeritud väävelhappega on vaja selgitada vaadeldava aine söövitavat toimet ja sellest tulenevaid ettevaatusabinõusid: korgi paigutamine lauale, valamine pudeli etiketi vastasküljelt jne. Vaatlemise, loksutamise ja haistmise abil määratakse uuritava aine mõned omadused: agregaatolek, värvus, viskoossus ja lõhna puudumine. Hügroskoopsusest saavad õpilased kõige paremini ettekujutuse õpikus kirjeldatud demonstratsioonikatse abil. Ka väävelhappe erikaal selgub hästi demonstratsioonikatsest, mille käigus kaaludel tasakaalustatakse ca 200 g vett ja kontsentreeritud väävelhapet.

Viimase füüsikalise omadusena tutvuvad õpilased tugevasti lahjendatud väävelhappe maitsega.

Väävelhappe head lahustuvust ja sellega kaasnevat temperatuuri tõusu saavad õpilased määrata õpikus kirjeldatud laboratoorse katsega. Selleks et õpilastel paremini meelde jääks, miks ei tohi valada vett väävelhappesse, peab õpetaja demonstreerima vee valamist happesse, pidades silmas kõiki õpikus kirjeldatud ettevaatusabinõusid (kahekordne klaaspurk, papist kaas, lehter). Mingil juhul ei tohi lasta õpilastel valada vett väävelhappesse. Seejärel peaks õpetaja veel kord demonstreerima, kuidas lahjendada suuremat kogust väävelhapet; ühtlasi võiksid õpilased kinnistamiseks selgitada, miks tuleb lahustamisel valada alati väävelhapet vette.

Keemilistest omadustest õpitakse esimesena tundma väävelhappe toimet riidesse, kuna õpilastel võib hape sattuda kõige kergemini rõivastele. Vastava katse sooritamisel näevad õpilased, kuidas riie hävib silmanähtavalt ja neile saab selgeks, miks enne hoiatati ebaõige lahustamisviisi eest. Pärast seda võiks kirjeldada väävelhappe toimet nahasse, juhtides tähelepanu esmaabile — pesemi-

sele suure hulga veega ja niisutamisele söögisooda lahusega. Väävelhappe toimest puidusse, suhkrusse ja paberisse saavad õpilased hea ettekujutuse, sooritades õpikus kirjeldatud laboratoorsed katsed. Katsest paberiga ilmneb, miks ka lahjendatud väävelhape on ohtlik.

Viimase keemilise omadusena võetakse vaatluse alla väävelhappe toime indikaatoritesse. Õpilased võiksid siinjuures piirduda kahe indikaatoriga: lakmuspaberiga ja metüüloranži lahusega.

Väävelhappe kasutamist kirjeldava lõigu loevad õpilased iseseisvalt õpikust. Õpetaja peaks neid sealjuures suunama vastava tabeli jälgimisele.

b) Soolhape.

Soolhappe õppimisel võiks käsitletava õppematerjali kavastada järgmiselt.

1. *Saamine.*
2. *Koostis.*
3. *Füüsikalised omadused.*
4. *Toime indikaatoritesse.*
5. *Söövitav toime.*
6. *Kasutamine.*

Erinevalt eelmisena käsitletud happest võiks soolhappe puhul alustada saamisega. Katse kloorvesiniku saamiseks ja vees lahustamiseks viiakse läbi demonstratsioonikatsena. Selle käigus peaks välja kirjutama kloorvesiniku saamisreaktsiooni võrrandi. Pärast vähese hulga soolhappe saamist ja proovi indikaatoriga järgneb koostise arutelu. Katse käigus märkasid õpilased, et kolbi kogunes teravalõhnaline värvuseta gaas — kloorvesinik, mis lahustub hästi vees. Õpetaja selgitab, et soolhape on kloorvesiniku vesilahus ja seepärast tähistatakse neid mõlemaid ühise valemiga. Kuigi kloorvesinik lahustub väga hästi vees, on võimalik saada ainult 37%-list vesilahust, mida nimetatakse kontsentreeritud soolhappeks.

Soolhappe füüsikaliste omadustega tutvuvad õpilased vaatluse abil: veendutakse, et kontsentreeritud soolhape on värvuseta teravalõhnaline vedelik, mis «suitseb» õhu käes. Tavalisest rohkem «suitseb» soolhape siis, kui pudeli ava lähedal tugevalt välja hingata. Viimane lihtne katse võimaldab kergesti selgitada «suitsemise» põhjust.

Soolhappe hea lahustuvus vees on jälgitav lihtsa katse

käigus. Õpilastel tuleks lasta vaadelda, kuidas toimub kontsentreeritud soolhappe «segunemine» veega. Viimase füüsikalise omaduse määramiseks võiksid õpilased maitsta saadud soolhappe lahust. Õpetaja jälgigu, et maitstav hape oleks küllaldaselt lahjendatud.

Soolhappe keemiliste omadustega tutvumisel on sobiv meelde tuletada indikaatorite mõistet ning lasta seejärel proovida soolhappe toimet sinisesse lakmuspaberisse ja metüüloranži lahusesse.

Kontsentreeritud soolhappe söövitavat toimet õpitakse kõige paremini tundma, kui õpilased teevad õpikus kirjeldatud katse. Kasutamisest annab ülevaate õpiku joonis. Loomulikult võiks seda täiendada tähelepanekutega igapäevasest elust.

c) Lämmastikhape. Fosforhape.

Lämmastikhappe käsitlemisel võiks õppematerjali alapealkirjastada analoogiliselt sool- ja väävelhappega. Ka tunnis kasutatavad õppemeetodid võiksid olla sarnased eelnevates tundides kasutatutega: võimalikult palju otsustagu õpilased ise vaatluse ja katsete abil.

Koostise õppimisel tuleb õpilastele peale valemi selgitada, et puhast ainet valemiga HNO_3 ei tunta, vaid et kontsentreeritud lämmastikhape esineb tavaliselt ca 65%-lise vesilahusena.

Lämmastikhappe füüsikalisi omadusi (olek, värvus, lõhn, lahustuvus, maitse) määravad õpilased ise õpetaja suunamisel. Õpikus kirjeldatud katsetega tehakse kindlaks ka lämmastikhappe toime indikaatoritesse ja mõnedesse teistesse orgaanilistesse ainetesse, nagu riidesse ja paberisse. Kindlasti on tarvis rääkida lämmastikhappe võimest süüdata kergesti süttivaid aineid ja juhtida sellega seoses õpilaste tähelepanu tema säilitamistingimustele.

Lämmastikhappe kasutusalade õppimisel kasutatagu õpiku joonist.

Lämmastikhappe käsitlemisega samas tunnis võiks õpilasi väga lühidalt tutvustada ortofosforhappe koostise ja mõnede omadustega. Kuna fosforhappel erinevalt seni käsitletud hapetest puudub sööbiv toime, tuleks ka see kindlaks teha katsete varal, et ära hoida sageli kujunevat ebaõiget järeldust, nagu oleksid kõik happed söövitavate omadustega.

d) Hapete koostis ja omadused.

Kirjeldatava kokkuvõtliku tunni algul peaks toimuma õpilaste teadmiste põhjalik kontrollimine seni õpitud hapete osas.

Uut õppematerjali võiks alapealkirjastada järgnevalt:

1. *Hapete koostis.*
2. *Happejääk, selle valents.*
3. *Hapete ühiseid omadusi.*

Õigete järelduste tegemiseks hapete koostisest on soovitatav välja kirjutada kõigi õpitud hapete valemid. Õpetaja esimesele küsimusele, missuguse elemendi sümbolid on happe molekulivalemis esikohal, vastavad õpilased kõhkluseta. Ka õpetaja teine küsimus vesiniku aatomite arvu kohta ei tohiks teha raskusi. Seejärel peab õpetaja selgitama, et molekulivalemis vesiniku sümboli järele paigutatud happe molekuli osa nimetatakse happejäägiks. Kirjeldatud vestluse põhjal peaksid õpilased suutma sõnastada, et happe molekul koosneb ühest või mitmest vesiniku aatomist ja happejäägist. Viimane mõiste kinnistub, kui õpilastel lastakse lugeda ka õpikust vastav definitsioon ja kirjutada see vihikutesse varem märgitud valemite alla.

Happejäägi mõiste kinnistamiseks eraldatakse varem kirjutatud valemites püstkriipsuga vesiniku keemiline märk koos indeksiga. Õpilastel lastakse sõnastada happejäägi mõiste ja määrata happejääk veel mitmes valemis, nagu HPO_3, H_2SO_3, H_2S, HBr jne. Seejärel tuletatakse meelde varemõpitust, et mingi keemilise elemendi valents võrdub arvuliselt sellega, mitu vesiniku aatomit seob endaga nimetatud elemendi üks aatom. Meenutatud definitsiooni alusel jõutakse järeldusele, et happejäägi valents võrdub vesiniku aatomite arvuga happe molekulis. Viimase kinnistamiseks laseb õpetaja määrata happejäägi valentsi erinevate hapete valemite põhjal, kuni keegi enam ei eksi. Taoline harjutamine toimub kiiresti, kui õpetajal on hapete valemid varem kirjutatud kantavale tahvlile või kartongitükkidele: HCl, H_2SO_4, HNO_3, H_3PO_4, HPO_3, H_2SO_3, H_2S, HBr, $H_4P_2O_7$, HI, $HClO_3$, H_2CO_3, H_2SiO_3, HNO_2, $HMnO_4$ jne. Vastates õpetaja küsimustele happejäägi valentsi arvulise suuruse kohta, peavad õpilased ühtlasi põhjendama oma vastuseid, näiteks: «Fosforhappe happejääk on kolmevalentne, sest ta seob

endaga kolm vesiniku aatomit.» Kirjeldatud kinnistamise järel ei ole õpilastel edaspidi raskusi happejäägi valentsi määramisega.

Vaadeldava tunni lõpuosas tuletatakse meelde hapete ühiseid omadusi, nagu hapu maitse ja ühesugune mõju indikaatoritesse. Õpilaste tähelepanu juhitakse ka sellele, et sööbiv toime on iseloomulik mitmetele hapetele, kuid mitte kõigile.

4. HAPETE KÄSITLEMINE 8. KLASSIS.

Alljärgnevalt vaatleme hapete käsitlemist teises kontsentris, s. o. praegu käibeloleva programmi järgi 8. klassi algul. Enne uue materjali juurde asumist on tarvis vähemalt ühe tunni vältel korrata 7. klassis õpitud põhitõdesid hapetest.

Hapete kokkuvõtlikul käsitlemisel võiks õppematerjali jaotada järgmistesse alateemadesse:

1) tähtsamate hapete valemid;
2) hapete koostis;
3) hapete aluselisus;
4) happejäägi valents;
5) hapete füüsikalised omadused:
   a) olek,
   b) maitse;
6) hapete keemilised omadused:
   a) toime indikaatoritesse,
   b) reageerimine metallide oksiididega,
   c) reageerimine alustega,
   d) reageerimine sooladega,
   e) reageerimine metallidega;
7) hapete tähtsus.

Kui 7. klassis õpitud põhitõed on korratud, on võimalik esimese tunni vältel selgeks teha esimesed viis alateemat. Kirjeldatava tunni algul võiks õpetaja lasta avada õpiku esimesel leheküljel oleva tabeli ja meelde tuletada kõigi varem õpitud hapete valemid. Paar minutit kestva iseseisva töö vältel on õpilased võimelised meelde jätma kõik tabelis toodud valemid ja nimetused. Ühtlasi peaks selgitama, et hapete valemeid on tarvis pidevalt korrata, kuna edaspidi küsitakse neid alati. Kindlasti peaks õpetaja seda tegema igal järgneval tunnil, alandades õpilase

hinnet, kui see eksib kas või üheski happe valemis. Hapete valemite kordamise ajaks võiks paigutada igale õpilaslauale kõigi hapete näidised.

Seejärel meenutatakse hapete koostist. Kui õpilased on vastanud õpetaja küsimustele vesiniku aatomite arvu ja happejäägi kohta, lastakse neil otsustada, millest koosneb happe molekul. Enesekontrolliks võiksid õpilased lõpuks lugeda veel õpiku definitsiooni.

Õpiku tabelis olevatest hapete valemitest näevad õpilased, et mõnedes happejääkides on hapniku aatomid, teistes mitte. Sellest tingituna saab juhtida tähelepanu hapete ühele liigitusvõttele: jaotamisele hapnikku sisaldavateks ja hapnikku mittesisaldavateks.

Samadest hapete valemitest selgub, et happed erinevad üksteisest vesiniku aatomite arvu poolest: viimaseid on tavaliselt kas üks, kaks või kolm. Kui õpilastele öelda, et ühealuselisteks nimetatakse neid happeid, mille molekuli koostises on üks vesiniku aatom, suudavad nad ise selgitada, missuguseid happeid nimetatakse kahe- ja kolmealuselisteks.

Happe üheks väga oluliseks tunnuseks tuleb pidada happejäägi valentsi; seda on pidevalt tarvis teada soolade valemite ja reaktsiooni võrrandite koostamisel. Happejäägi valentsi määramiseks tuleks meenutada 7. klassis õpitud valentsi määramise võtteid. Kui õpilased on suutnud meelde tuletada, et kahest elemendist koosneva aine molekulis ühe elemendi aatomite arvu ja valentsi korrutis võrdub teise elemendi aatomite arvu ja valentsi korrutisega, on võimalik leida ka happejäägi (kui teise elemendi) valentsi: see peab võrduma vesiniku aatomite arvuga happes. Pärast viimati märgitud tõiga sedastamist tuleks õpilastel lasta leida hapete happejääkide valentse. Kindlasti võiks siinjuures esitada õpilastele senini mittetuntud hapete valemeid, nagu $HMnO_4$, H_2SeO_4, H_2GeO_3, $H_4P_2O_7$, $H_2Cr_2O_7$ jne.

Omadustest tuletatakse meelde eelkõige hapete agregaatolekut. Tavaliselt kipub kujunema ekslik arvamus, et kõik happed on vedelikud. Sellise arvamuse kujunemine on üsna loogiline, kuna esimesed happed, mida õpiti, on vedelas olekus. Seepärast oleks vaja igale lauale paigutada mitmete koolis olevate hapete näidised, nagu soolhape, lämmastikhape, fosforhape, sidrunhape, boorhape,

äädikhape jne., mille järgi õpilased ise saavad teha järelduse hapete agregaatoleku kohta.

Seejärel lastakse õpilastel veenduda hapete maitses, hoiatades ühtlasi, et maitsta tohib ainult tugevasti lahjendatud hapete vesilahuseid. Ühtlasi tuleks õpilastele öelda, et sellest on tingitud ka nimetus «hape».

Teises tunnis võiks vaatluse alla võtta kaks esimesena märgitud hapete keemilist omadust. Eelkõige tuletatakse meelde hapete toimet indikaatoritesse, meenutades ühtlasi, missuguseid aineid nimetame indikaatoriteks. Kuigi õpilased on varem (7. klassis) proovinud hapete mõju indikaatoritesse, on ka siin vajalik läbi viia vastavad laboratoorsed katsed, kontrollides mitmete hapete lahuseid eelkõige lakmuspaberiga. Seejärel võib katseklaasides olevatele hapete vesilahustele lisada tilkhaaval fenoolftaleiini ja metüüloranži lahuseid. Õpilased veenduvad, et tuntumatest indikaatoritest muudavad oma värvust happelises keskkonnas lakmus ja metüüloranž, kuna fenoolftaleiin jääb värvusetuks. Sellest tingituna tuleb kindlasti juhtida õpilaste tähelepanu asjaolule, et hapete tõestamiseks saab kasutada lakmust ja metüüloranži, kuna fenoolftaleiin selleks ei sobi. Kindlasti tuleks vaadelda ka õpiku joonist indikaatorite värvuse kohta.

Teistest hapetele iseloomulikest reaktsioonidest võiks esimesena käsitleda hapete reageerimist metallide oksiididega. Algul teevad õpilased iseseisvalt mõned katsed, nagu õpikus kirjeldatud pliioksiidi reageerimine soolhappega, tsinkoksiidi reageerimine väävelhappega, raud(III)-oksiidi reageerimine soolhappega jne. Sealjuures on oluline, et saadud lahuse aurustamise ja sellele järgneva väljakristalliseerimise teel eraldatakse vähesel määral ka reaktsioonil tekkinud soola. Pärast vastavate katsete sooritamist tuleks arutleda nähtut. Igal katsel tekkis tahke kristalne aine, mis väliselt meenutab varem tundma õpitud soolasid. Kuna pärast saadud lahuse aurustamist midagi muud peale soola järele ei jäänud, võib teiseks reaktsiooni saaduseks olla ainult vesi. Selle alusel koostatakse kõikide toimunud reaktsioonide võrrandid ja jõutakse järeldusele, et happe ning metalli oksiidi vahelises reaktsioonis vahetavad kohti metalli ja vesiniku aatomid ning saadustena tekivad sool ja vesi.

Tunni lõpuosas kinnistatakse õpitut reaktsiooni võrrandite koostamise teel; magneesiumoksiid ja soolhape, kalt-

siumoksiid ja lämmastikhape, alumiiniumoksiid ja väävelhape, magneesiumoksiid ja fosforhape, alumiiniumoksiid ja soolhape jne.

Lõpuks on vaja juhtida tähelepanu sellele, et eranditult iga hape ei reageeri siiski iga metalli oksiidiga. Võiks selgitada, et reaktsioon toimub enam-vähem iga metalli oksiidi mõjutamisel sool-, väävel- ja lämmastikhappega. Teiste hapetega reageerivad vaid üksikud metalli oksiidid.

Järgmisel tunnil võetakse vaatluse alla neutraliseerumisreaktsioon. Tundi sobib läbi viia laboratoorsel-uurimuslikul meetodil, lastes õpilastel teha õpikus kirjeldatud katse. Kuna neutraliseerumisreaktsiooniga on õpilased põgusalt tutvunud juba 7. klassis, võib suurema osa nimetatud tunnist kulutada keemiliste reaktsioonide võrrandite koostamisele. Siinjuures peaks õpetaja selgitama, et kõikide alustega reageerivad vaid sool-, väävel- ja lämmastikhape, kuna teised happed reageerivad kergesti vaid vees lahustuvate alustega.

Neljandas tunnis tuleks käsitleda hapete reageerimist sooladega. Õpilased võiksid teha eelkõige õpikus kirjeldatud katse väävelhappe reageerimise kohta keedusoolaga. Nimetatud katse abil on kerge veenduda, et eraldunud gaasi lahustumisel vees tekib hape (proov indikaatoriga) ja et katseklaasi jääb jahtumisel tahke soolataoline aine. Analoogilise katse peaks tegema ka väävelhappe reageerimise kohta baariumkloriidiga. Mõlema katse puhul saadakse uus sool ja uus hape, kuna kohti vahetavad soola molekuli koostises olevad m e t a l l i ja happe molekuli koostises olevad v e s i n i k u aatomid. Ka siinjuures peaks viitama asjaolule, et kõik happed ei reageeri kõikide sooladega; hästi reageerivad sooladega vaid sool-, väävel- ja lämmastikhape. Tuleb rõhutada, et mõlemas tehtud katses eraldub üks saadustest reaktsiooni keskkonnast lendumise või sadestumise teel. Selleks et õpilased veenduksid, miks happe ja soola vaheline reaktsioon ei saa praktiliselt toimuda, kui ükski reaktsiooni saadustest ei eemaldu lahusest, tuleb lasta teha katse soolhappe ja kaaliumnitraadi lahustega. Seejärel on õige aeg reaktsioonide lõpulemineku tingimuste selgitamiseks.

Pärast seda koostavad õpilased mitmeid happe ja soola vaheliste reaktsioonide võrrandeid. Kui õpilastele anda koostada ka mõned hapete ja aluste ning hapete ja metallioksiidide vaheliste reaktsioonide võrrandid, märka-

vad nad oskusliku juhendamise järel peagi, et kõikidel juhtudel vahetavad kohti metalli ja vesiniku aatomid. Sellest lähtudes kujundatakse mõiste vahetusreaktsioonist kui ühest keemiliste reaktsioonide põhitüübist.

Teema käsitlemise viimasel tunnil võetakse vaatluse alla hapete reageerimine metallidega. Õpilased on 7. klassis vesiniku saamise juures tutvunud tsingi ja väävelhappe vastastikuse reageerimisega. Nüüd tuleks meenutada eelkõige seda reaktsiooni. Seejärel võiks õpetaja demonstreerida naatriumi reageerimist soolhappega. Kõigi vajalike ettevaatusabinõude rakendamisel võivad katset sooritada ka kõik õpilased.

Kindlasti peaksid õpilased katsetamise teel veenduma, kuidas reageerivad lahjendatud sool- ja väävelhappega magneesium, alumiinium, raud ja vask. Katsed tehakse uurimuslikud, nii et lapsed ise teeksid järelduse. Iga katse järel kirjutatakse vihikutesse tehtud reaktsiooni võrrandid. Katsete sooritamisel märgitakse, et kõik antud metallid (peale vase) reageerivad vaadeldud hapetega, kusjuures saadustena tekivad sool ja vesinik. Seejärel kirjutatakse toimunud reaktsioonide võrrandid ja kinnistatakse asendusreaktsiooni mõistet. Rääkides katsest vasega, tuleks õpilastele tutvustada metallide pingerida ja selgitada, et lahjendatud hapetega ei reageeri veel ka elavhõbe, hõbe, plaatina ja kuld, s. o. need metallid, mis paiknevad aktiivsuse reas vesinikust paremal.

Teise katseteseeriana võiks õpilased määrata, kas happed reageerivad metallidega võrdse intensiivsusega. Selleks tehakse õpikus näidatud katsed erinevate hapetega. Katseteks võetud happed olgu ligikaudu võrdse normaalsusega. Katsetest ja eelmistel tundidel tehtud kokkuvõtetest saab teha järelduse, et väävel, sool- ja lämmastikhape on keemiliselt aktiivsed ained.

Kirjeldatud tunnis võiks õpetaja demonstratsioonikatsete varal selgitada, et lämmastikhape reageerib metallidega teisiti kui teised happed. Sobiv katse on siin vase reageerimine kontsentreeritud happega, kuna eralduv lämmastikdioksiid on õpilaste poolt hästi märgatav. On loomulik, et siinjuures ei kirjutata reaktsiooni võrrandit, kuna see on esialgu liialt raske. Seevastu tuleks aga kindlasti harjutada tavaliste happe ja metalli vahel toimuvate asendusreaktsioonide võrrandite koostamist.

5. ÕPILASTE TEADMISTE KONTROLLIMINE ÜHENDITE PÕHIKLASSIDE KÄSITLEMISEL.

Kontrollimise peamise meetodina tuleks keemiliste ühendite põhiklasside õppimise ajal kasutada õpilaste frontaalset küsitlemist, et kulutada võimalikult vähe aega. Õpilaste individuaalse küsitlemisena on antud juhul aga kõige otstarbekam tihendatud küsitlus, kuna kirjalikult on vaja nagunii kontrollida valemite ja reaktsiooni võrrandite koostamise oskust. Erilist rõhku tuleks osutada reaktsiooni võrrandite koostamise kontrollimisele.

Olgu siinjuures näitena toodud kahe teineteisele järgneva tunni kontrolliv osa.

Tunnis, kus käsitletakse hapete reageerimist metallide oksiididega, võiks õpilaste teadmiste kontrollimisel kasutada järgmisi küsimusi ja korraldusi.

1. *Nimetage tähtsamaid happeid.*
2. *Kirjutada a) soolhappe, väävelhappe, väävlishappe ja ränihappe valemid;*
   b) lämmastikhappe, süsihappe, ortofosforhappe ja vääevelvesinikhappe valemid.
3. *Millest koosneb happe molekul?*
4. *Mida nimetatakse happejäägiks?*
5. *Millega võrdub happejäägi valents?*
6. *Tooge näiteid happejääkide valentside kohta.*
7. *Kuidas liigitatakse happeid happejäägi koostise järgi?*
8. *Tuua näiteid selle kohta.*
9. *Kuidas liigitatakse happeid vesinikusisalduse järgi?*
10. *Missuguseid happeid nimetatakse ühealuselisteks? Tuua näiteid.*
11. *Missuguseid happeid nimetatakse kahealuselisteks? Tuua näiteid.*
12. *Missuguseid happeid nimetatakse kolmealuselisteks? Tuua näiteid.*
13. *Tooge näiteid hapete füüsikaliste omaduste suurest mitmekesisusest.*

Järgmises tunnis võiks teadmisi kontrollida alljärgnevalt.

Tunni algul kutsutakse tahvli juurde kaks ja esimestesse pinkidesse samuti kaks õpilast. Igaüks neist saab kätte kaardikese kolme küsimusega.

Õpilane A.

1. *Koostada tsinkoksiidi ja lämmastikhappe vahelise reaktsiooni võrrand.*
2. *Milliseid happeid nimetatakse ühealuselisteks?*
3. *Millise värvusega on tähtsamad indikaatorid hapetes?*

Õpilane B.

1. *Koostada alumiiniumoksiidi ja soolhappe vahelise reaktsiooni võrrand.*
2. *Kuidas liigitatakse happeid happejäägi koostise põhjal?*
3. *Mida nimetatakse happejäägiks?*

Õpilane C.

1. *Koostada magneesiumoksiidi ja fosforhappe vahelise reaktsiooni võrrand.*
2. *Kuidas määratakse happejäägi valentsi?*
3. *Missuguseid happeid nimetame kahealuselisteks?*

Õpilane D.

1. *Koostada raud(III)oksiidi ja soolhappe vahelise reaktsiooni võrrand.*
2. *Missuguseid happeid nimetatakse kolmealuselisteks?*
3. *Kirjutada väävlit sisaldavate hapete valemid.*

Samal ajal kui õpetaja rakendab neli õpilast kirjalikule tööle, saab viies õpilane ülesandeks jutustada hapete reageerimisest metallide oksiididega. Pärast jutustamist peab ta vastama veel järgmistele küsimustele.

1. *Millest koosneb happe molekul?*
2. *Määrata happejäägi valents järgmistes hapetes:*

H_2CrO_4, $H_2Cr_2O_7$, $HClO_3$, $H_4P_2O_7$, H_3BO_3.

Sellisel viisil küsitledes on õpetajal võimalik 10—12 minuti vältel hinnata viit õpilast.

Juhul kui õpetaja kavatseb uuele ainele pühendada veidi vähem aega, võib kuues õpilane sooritada katse pliioksiidi reageerimise kohta soolhappega ja nimetada kõikide tuntud hapete valemid.

Keemiliste ühendite põhiklasside käsitlemisel tuleks sageli teha lühikontrolltöid — iga põhiklassi käsitlemise järel. Sellisel juhul saab õpetaja kiirelt informeeritud lünkadest üksikute õpilaste teadmistes ja suudab nende süvenemist ennetada.

VII. TEEMADE «ELEMENTIDE PERIOODILISUSE SÜSTEEM» JA «AINE EHITUS» ÕPETAMISEST 8. KLASSIS.

Metoodikud ei ole üksmeelsed teemade «Elementide perioodilisuse süsteem» ja «Aine ehitus» paigutuse suhtes kooliprogrammis. Õpikute ja programmide autorid on need teemad paigutanud kord elementide süstemaatilise käsitluse ette, sagedamini aga käsitlenud neid pärast seda, kui mõningad elementiderühmad on juba selgeks õpetatud (seni enamikus liiduvabariikides kehtiva programmi koostajad). Keskkoolide keemia programmi viimane, praegu kehtiv variant näeb ette elementide süsteemi ja aine ehituse käsitlemist enne, kui asutakse elementide süstemaatilisele õppimisele. See muudab keemia kui õppeaine läbitöötamise koolis deduktiivsemaks ja nõuab õpilastelt pingelist loogilist mõtlemist. 8. klassi õpetajale paneb programmi selline ülesehitus suure vastutuse — õpilaste edu ja huvi keemia õppimisel vanemates klassides sõltub suuresti sellest, kuidas omandati 8. klassis teooria põhiküsimused.

Mendelejevi perioodilisuse süsteemi õppima asudes peavad õpilased kindlalt teadma mõisteid: aatom, aatommass, element, liht- ja liitained, metallide ja mittemetallide (nii füüsikalised kui ka keemilised) omadused. Nad peavad orienteeruma senises kursuses esinenud keemilistes valemites (oskama neid koostada ja määrama valentsi valemite alusel). Põhjalikult peavad olema omandatud ka teadmised ainete põhiklassidest. Kui õpetaja ei ole kindel, et tema õpilased eespool nimetatud keemia raudvara tõesti kindlalt tunnevad, on soovitatav enne perioodilisuse süsteemi käsitlemisele asumist mõningaid enam raskusi tekitanud mõisteid ja probleeme veel kord korrata. Et 8. klassi I poolaastal on pidevalt õpetatud ainete põhiklasse ja selle käigus kindlasti korratud ka põhimõisteid,

võib täiendav kordamine osutuda ka mittevajalikuks. Õpetaja võib piirduda vaid lühikese testiga, mille vigu ta klassis selgitab. Võib toimida ka vastupidi — eelnevalt läbi viia vestlus ja siis testi abil kontrollida, kas õpilastel on kõik põhimõisted kindlalt omandatud.

Üks sellise diagnoosiva testi näiteid on toodud allpool.

1. variant.

1. *Aine väikseimat osakest, mis keemilistel reaktsioonidel ei lagune, nimetatakse* . . . . . .
2. *Keemiliseks elemendiks nimetatakse* . . . . . .
3. *Enamik tüüpilisi metalle on järgmiste füüsikaliste omadustega:* . . . . . .
4. *Mittemetallid annavad hapnikuga reageerimisel . . . oksiide, mille tähtsam keemiline omadus on* . . . . . .
5. *Tähista allpool esitatud metallide oksiidid tähega a ja mittemetallide oksiidid tähega h. Kirjuta oksiididele vastavate hapete ja aluste valemid. Määra elementide valents kõikides ühendites.*

CaO	Al_2O_3
SO_2	Na_2O
Ag_2O	P_2O_5

6. *Kirjuta järgmiste ainete valemid ja kriipsuta alla lihtainete nimetused:*

vask	*süsihappegaas*
vääveldhape	*hapnik*
keedusool	*raud(II)oksiid*
vesi	*kaltsiumhüdroksiid*
elavhõbe	*kaltsium*

2. variant.

1. *Aatomiks nimetatakse aine väikseimat osakest, mis . . . . . ei lagune.*
2. *Aatomite eri liike nimetatakse* . . . . . .
3. *Enamik tüüpilisi mittemetalle erineb metallidest järgmiste füüsikaliste omaduste poolest:* . . . .
4. *Metallid annavad hapnikuga reageerides* . . . . . *oksiide, mille tähtsamaks keemiliseks omaduseks on* . . . . . .

5. *Tähista allpool antud metallide oksiidid tähega a ja mittemetallide oksiidid tähega h. Kirjuta oksiididele vastavate hapete ja aluste valemid. Määra elementide valents kõikides ühendites.*

Fe_2O_3	SO_3
K_2O	P_2O_5
CO_2	CuO

6. *Kirjuta järgmiste ainete valemid ja kriipsuta alla liitainete nimetused:*

vesinik	*väävel*
kustutatud lubi	*räni*
soolhape	*lumi*
raud	*lämmastik*
raud(III)hüdroksiid	*ränidioksiid*

1. tund.

Keemiliste elementide süstematiseerimise vajadusest.

Elementide esimesed klassifikatsioonid.

Õpetaja peab õpilaste kujutluses looma pildi ainete rohkusest ja nende omaduste mitmekesisusest inimest ümbritsevas maailmas ning inimeses endas. Avara silmaringiga klassis tekib see kujutlus vestluse käigus, kus õpilased nimetavad erinevate omadustega aineid, meenutavad 7. klassis õpitud keemiliste elementide arvu ja jutustavad oma teadmistest, mida nad ainete kohta on lugenud või kuulnud.

Õpetaja enda emotsionaalne jutustus looduses esinevate ainete ja keemiatööstuses loodud materjalide mitmepalgelisusest sobib ka selle tunni sissejuhatuseks. Head inspiratsiooni annab I. Netšajevi raamatu «Jutustusi elementidest» peatükk «Mis millest koosneb?».

Tunni sissejuhatava osa lõpul tuleb õpilastel ära seletada, millest tuleb selline ainete küllus maakeral, kui elemente on olemas ainult saja ringis. Samuti tuleb juhtida õpilased mõttele elementide süstematiseerimise ja klassifitseerimise vajadusest.

Alles pärast seda, kui sissejuhatus on lõpetatud, teeb õpetaja teatavaks, et elementide klassifitseerimisest tulebki tänases tunnis juttu. Klassitahvlile ja vihikutusse kan-

takse pealkiri «Elementide klassifitseerimise katsetest 19. sajandi algul».

Elementide klassifitseerimise ajalool pole mõtet pikalt peatuda, piisab mõnedest tähtsamatest faktidest. Lähemalt tuleb peatuda metallide ja mittemetallide erinevusel ning selle jaotuse suhtelisusel. Põhjalikumalt on vaja tutvustada ka mõningaid elementide loomulikke rühmi.

Tunni teises osas iseloomustataksegi pikemalt metallide ja mittemetallide põhilisi omadusi.

Kirjutatakse alapealkiri «Metallid ja mittemetallid». Vestluses tuletatakse meelde metallide ja mittemetallide tähtsamaid füüsikalisi ning keemilisi omadusi. Õpetaja lisab täiendusena, et mittemetallidele on iseloomulik ühinemine vesinikuga, metallid aga reageerivad hapnikuga. Eriti kriipsutatakse alla õpilastele juba tuttavat tõika, et metallide hapnikuühendid on aluselised oksiidid ja mittemetallide ühendid hapnikuga kuuluvad happeliste oksiidide hulka. Samuti tuleb meelde tuletada, et aluselistele oksiididele vastavad ühendid on alused ja happelistest oksiididest võib saada happeid. Ka hapete ja aluste põhiomadusi on vaja lühidalt korrata. Vestluse käigus kirjutatakse vihikutesse lühike kava.

Siis tuleb korraldada lihtne katse alumiinium- või tsinkhüdroksiidiga (võib ka mõlemaga), lastes neid reageerida nii happe kui leelisega. Õpilased peavad jõudma veendumusele (kui nad seda varem ei tea või varasemast ei mäleta), et on olemas elemente, mille ühendite omadused pole sarnased tüüpiliste metallide ega ka tüüpiliste mittemetallide ühendite omadustega. Seega pole elementide jaotamine metallideks ja mittemetallideks absoluutne, on olemas elemente, millel on nii metalli kui ka mittemetalli omadusi — need on amfoteersed elemendid.

Tehtud katse tulemuste ja amfoteersuse mõiste vihikusse märkimisega võibki tunni lõpetada.

Õpilasi, keda vestluses metallide ja mittemetallide omaduste kohta sagedamini küsitleti, võib tunni lõpul ka hinnata.

2. tund.

Elementide loomulikud rühmad.

Tunni algul tuleks lühidalt jutustada elementide loomulikest rühmadest, kui ühest 19. sajandi teadlaste poolt elementide klassifitseerimiseks kasutatud süstemaatilisest

üksusest, mille aluseks oli elementide füüsikaliste ja keemiliste omaduste sarnasus.

Kirjutatakse pealkiri «Loomulikud rühmad». Õpetaja teeb teatavaks, et tunnis käsitletakse põgusalt kaht loomulikku rühma: halogeenid ja leelismetallid.

Esimesena tuleb käsitlemisele leelismetallide rühm. Vastav pealkiri märgitakse ka tahvlile ja vihikuisse. Tahvlile kirjutatakse kõigi leelismetallide sümbolid ja öeldakse nimetused. Nimetusi võib lasta õpilastel öelda — kaaliumi ja naatriumi nimetusi nad juba tunnevad, mõnigi võib olla kuulnud ka teistest leelismetallidest. Nimetusi vihikusse kirjutada pole mõtet, õpiku tabelis on need ju olemas. Teatatakse, et leelismetallide sarnasus on väga suur, piisab, kui lähemalt tundma õppida neist vaid üht.

Õpetaja demonstreerib naatriumi omadusi. Klaastorusse surutud naatriumitüki metalliliselt läikiv pind on läbi klaasi hästi näha. Selliseid torukesi võib valmistada mitu ja õpilastele jaotusmaterjalina välja jagada. Kui neid hommikul enne tunde teha ja naatrium torus tugevasti kokku suruda, et ta hästi vastu toru pinda liibuks, on jaotusmaterjal demonstreerimiseks kasutatav kõigis paralleelklassides, milles keemia tunnid sel päeval toimuvad. Kui õpetaja tõestab katseliselt ka naatriumi elektrijuhtivuse, teevad õpilased järelduse, et naatrium kuulub oma füüsikaliste omaduste poolest metallide hulka.

Nüüd tuleb pöörata tähelepanu naatriumi pinda katvale valgele hügroskoopsele ainele õhuga kokkupuutekohtadel: naatrium reageerib õhus leiduva veeauruga ja annab aluse. Reaktsiooni võrrandi peaksid õpilased olema võimelised ise kirjutama.

Järgnevalt demonstreerib õpetaja naatriumi reageerimist veega ja kontsentreeritud soolhappega. Esimesel juhul on indikaatoriga lihtne tõestada, et tekkis vees lahustuv alus, teisel juhul langesid katseklaasi peened keedusoola kristallid. Jällegi kirjutavad õpilased ise reaktsiooni võrrandid. Nüüd on neile ka selge, miks käsitletavat rühma nimetatakse leelismetallide rühmaks. Leelismetallide erinevustega võib tutvuda õpikus antud tabeli alusel.

Teise loomuliku rühmana vaadeldakse halogeene.

Õpetaja kirjutab tahvlile nelja halogeeni valemid ja demonstreerib kloori (varem purki valmis kogutud), broomi ja joodi ning iseloomustab lühidalt fluori. Nimetused on õpilastele paremini tuttavad kui leelismetallide omad,

nende kordamisele pole mõtet aega kulutada. Õpilased võivad õpetaja suunamisel teha järelduse, et halogeenid on füüsikaliste omaduste poolest mittemetallid.

Halogeenide keemiliste omaduste kindlakstegemiseks on sobiv valida kaks katset halogeenide ja metallide vahelistest reaktsioonidest. Võib näiteks hõõgumiseni kuumutatud peene vasktraadi viia klooriga täidetud purki ja visata alumiiniumitükikesi katseklaasi, milles on broomi. Halogeenide ja vesiniku reageerimise katse korraldamine ei mahu ajaliselt selle tunni raamidesse. See fakt tuleb õpilastel teatavaks võtta õpetaja seletuse järgi. Kirjutatakse reaktsiooni võrrand. Esimesest poolaastast tunnevad õpilased mõningaid vesinikhalogeniidhappeid. Nüüd tuleb veel kord öelda, et vesinikhalogeniidid lahustuvad kõik vees, moodustades happeid.

Ka halogeenide rühma elementide erinevusi saadakse teada õpiku tabelist.

Töövihikutes peaks tunnis käsitletu peegelduma järgmiste sissekannete näol.

Loomulikud rühmad.

Leelismetallid.

1. Metalne läige, juhivad elektrit, plastilised — metallid.
2. Reageerivad veega. Tekib vees lahustuv alus — sellest nimetus leelismetallid.

$$2Na + 2H_2O = 2NaOH + H_2\uparrow$$

3. Hapetega reageerimisel saadakse soolad.

$$2Na + 2HCl = 2NaCl + H_2\uparrow$$

4. Omavahel erinevad füüsikaliste omaduste (erikaal, sulamistemperatuur jne.) ning keemilise aktiivsuse poolest.

Halogeenid.

1. Fluor ja kloor on terava lõhnaga gaasid, broom pruun vedelik, jood hallikas tahke aine — mittemetallid.
2. Reageerivad hästi metallidega.

$$Cu + Cl_2 = CuCl_2$$
$$2Al + 3Br_2 = 2AlBr_3$$

3. Reageerivad vesinikuga.

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

4. Vesinikuühendite vesilahused on happed.

(HF, HCl, HBr, HI).

5. Erinevad üksteisest: olek, värvus, erikaal, sulamis- ja keemistemperatuur, keemiline aktiivsus.

Õpetaja teeb tunni lõpul lühikese kokkuvõtte, mainides ka teisi loomulikke rühmi. Kokkuvõttes rõhutab ta, et loomulikud rühmad ei olnud rajatud mingile kindlale ühisele omadusele, et nad ei hõlmanud kõiki keemilisi elemente ega olnud omavahel kuidagi seotud.

Kui õpilased tunnis iseseisvalt reaktsiooni võrrandeid kirjutavad, võib üht-kaht õpilast selles tegevuses pidevalt jälgida või tahvli juurde kutsuda ja tunni lõpul ka hinnata.

Koduseks tööks võib lisaks leelismetallide ja halogeenide omaduste õppimisele anda veel lahendada mõne arvutusülesande õpikust.

3. tund.

Elementide perioodilisusseaduse avastamine D. Mendelejevi poolt.

Kahel eelmisel tunnil omandatud teadmisi saab kontrollida tihendatult. Näiteks üks õpilane võiks eksperimentaalselt tõestada alumiiniumhüdroksiidi amfoteersust ja selgitada, mida mõistetakse amfoteersuse all; kaks õpilast lahendaksid tahvlil arvutusülesande ja kahelt saaks nõuda leelismetallide ning halogeenide iseloomustamist suulise vastusena.

Seda, kuidas õpilastele sai mõistetavaks elementide süstematiseerimise vajadus ja esialgsed klassifitseerimise katsed, võib selgitada ka frontaalse vestluse käigus. Koduseid kirjalikke ülesandeid tuleb sel juhul kontrollida valikuliselt.

Esitame näiteks mõned vestluse küsimused.

1. *Kui suur on keemiliste elementide hulk, mida tuntakse?*
2. *Kuidas seletada, et sajast elemendist on moodustunud miljoneid erinevaid aineid?*
3. *Miks on elementide süsteem vajalik?*

4. *Mille poolest erinevad metallid mittemetallidest?*
5. *Milliseid elemente nimetatakse amfoteerseteks?*
6. *Kuidas tõestada, et selles katseklaasis asuv alumiiniumhüdroksiid on amfoteersete omadustega?*
7. *Nimetada mõned elementide loomulikud rühmad.*
8. *Iseloomustada leelismetallide rühma olulisemaid omadusi.*
9. *Mille poolest leelismetallid üksteisest erinevad?*
10. *Mis on sarnast halogeenide rühma elementidel?*
11. *Millised on halogeenide erinevused?*
12. *Millised puudused olid kõigil 19. sajandi algul loodud elementide süsteemidel?*

Teemale «Perioodilisusseaduse avastamine D. Mendelejevi poolt» teeb õpetaja lühikese sissejuhatuse, milles iseloomustab olukorda elementide klassifitseerimise alal 19. sajandi viiekümnendatel-kuuekümnendatel aastatel. Sissejuhatuse võib usaldada ka mõnele paremale õpilasele, kes leiab vajalikku materjali J. Rudenko ja P. Taube raamatust «Vesinikust kuni...» või I. Netšajevi tuntud populaarteaduslikust teosest «Jutustusi elementidest». Õpilast tuleb ainult eelnevalt hoiatada, et seletus, nagu oleks Mendelejev talle tuntud keemilised elemendid aatommassi alusel reastanud ja siis märganud nende omaduste perioodilist kordumist, ei vasta tegelikkusele. Mendelejev kõrvutas elementide loomulikke rühmi, paigutas rühmasiseselt elemente ümber, otsis kohti rühmadest väljajäänud elementidele ja tuli järeldusele, et on vaja otsida seost elementide individuaalsete omaduste ja nende aatomkaalude vahel.

Millise seose elementide omaduste ja nende aatommasside vahel Mendelejev avastas, selle selgitamiseks soovitavad metoodikud kõikide II ja III perioodi elementide kohta koostada kaardikesed, millele on märgitud elemendi sümbol, aatommass ja kõrgeima valentsiga oksiidi ning vesinikuühendi valemid.

Õpetaja reastab kõik kaardikesed elementide aatommasside suuruse järjekorras. Elementide sümbolid, aatommassid ja ainete valemid on nii suurelt kirjutatud, et nad kõikidele õpilastele hästi nähtavad oleksid. Värvuse või šrifti poolest võiksid nad üksteisest erineda. Õpilased nimetavad kõikide elementide valentsi hapniku suhtes ja mõtlevad järele, mida nad valentsi muutumises tähele

panid. Seda korratakse vesinikuühendeis avalduva valentsiga.

Sama seaduspärasuse tuletamiseks sobib ka Mendelejevi poolt koostatud süsteemi mõni esimestest variantidest, mida võib epidiaskoobi abil ekraanile projitseerida (näiteks M. Gina «Keemia ajaloo» või O. Pissarževski raamatu «Dimitri Ivanovitš Mendelejev» lehekülgedelt).

Esimesel juhul on sedelikestele, mida õpetaja klassitahvlile või flanellograafile kinnitab, kirjutatud elementide ühendite valemid, millest valentsi süsteemipärane tõus ning perioodiline kordumine saab kohe tajutavaks. Teise käsitlusviisi korral tuleb iga elemendi valents öelda valemit nägemata. Paljudel juhtudel teavad õpilased valentsi, mõningate elementide puhul, mida nad ei tunne (Be, B, Si), ütleb valentsi õpetaja. Hapniku suhtes avalduva valentsi muutumise kohta koostatakse lihtne tulpdiagramm. Õpilastel võib soovitada vihikutes iga valentsiühik tähistada ühe ruudu pikkuse kriipsukesega. Samal viisil arutatakse läbi ja illustreeritakse diagrammiga elementide valents vesiniku suhtes. Tulemused kantakse samale diagrammile joone alla.

Õpilastel palutakse öelda, kuidas nende arvates tuleb nimetada graafikus avalduvat valentsi muutumist. Kuna pealkiri «Perioodilisusseaduse avastamine...» on juba tunni algusest tahvlil ja õpilased on varem keemia kabinetis ning populaarteaduslikus kirjanduses Mendelejevi tabelit näinud, tulevad nad üsna kergesti sellele, et elementide omaduste muutumist tuleb tähistada sõnaga «perioodiline».

Lõpuks selgitab õpetaja, et ka mitmed teised omadused korduvad aatomkaalude suuruse järjekorras reastatud elementide jadas perioodiliselt, ning teatab, et selle seaduspärasuse sõnastas Mendelejev perioodilisusseadusena. Õpitakse selgeks õpikus toodud perioodilisusseaduse sõnastus ja jäetakse meelde aastaarv 1869.

Selles tunnis võib üles riputada Mendelejevi perioodilisuse süsteemi tabeli ja teatada, et selle õppimisele asutakse järgnevais tundides. On soovitatav, et eelmise 4—5 tunni jooksul Mendelejevi tabelit seinal poleks (kui seda on võimalik maha võtta).

Koduseks ülesandeks võib anda jälle ka mõned arvutusülesanded.

4. tund.

Perioodilisuse süsteem.

Perioodid.

Tundi alustatakse Mendelejevi perioodilisuse süsteemi tutvustamisega: perioodide ja rühmade arv ning nende asend tabelis. Tunni põhieesmärk on perioodide lähem tundmaõppimine.

Kui on kirjutatud pealkiri «Keemiliste elementide perioodilisuse süsteem» ja alapealkiri «Perioodid», teeb õpetaja selgeks perioodi mõiste ja iseloomustab lühidalt iga perioodi.

Seejärel korraldatakse mõned lihtsad katsed, mille abil saab hästi võrrelda ühes perioodis kõrvuti asuvate elementide omadusi.

Kahte katseklaasi pannakse võrdne hulk vett. Esimesse visatakse väike tükike oksiidist ja muudest ühenditest hästi puhastatud naatriumi. Määratakse indikaatori abil, milline ühend tekkis. Teise katseklaasi lisatakse niisama suur magneesiumitükike (pulber ei sobi). Kui reaktsiooni ei alga, soojendatakse veidi katseklaasi. Magneesiumi puudumisel võib omavahel võrrelda ka kaaliumi ja kaltsiumi. Tekkinud aine määramiseks kasutatakse sama indikaatorit. Õpilastelt küsitakse, mille poolest erinesid need kaks reaktsiooni. Õpilased peavad tegema järgmised järeldused: 1) naatrium reageerib veega aktiivsemalt kui magneesium; 2) naatriumaluse lahuses värvub fenoolftaleiin intensiivsemalt kui magneesiumaluse lahuses; 3) naatrium on aktiivsem metall kui magneesium.

Meenutatakse alumiiniumi omadusi. Kui õpilased teavad, et alumiinium on amfoteerne element, võivad nad teha järelduse, et perioodi piirides elementide aatommasside tõusu suunas metallilisus väheneb. Katsest tehtud järeldused ja elementide omaduste kohta tuletatud seaduspärasus märgitakse töövihikuisse.

Teises katses võetakse kahte katseklaasi võrdsed kogused joodi vesilahust. Ühele lisatakse lahjendatud soolhapet, teisele divesiniksulfiidi lahust. Soolhappe ja joodi vahel mingit reaktsiooni ei toimu, väävelvesinik aga reageerib joodiga ja lahusesse ilmub väävli kolloidne sade. Järeldused, mida õpilased peaksid õpetaja suunamisel

tegema, on järgmised: 1) kloorvesinik on väävelvesinikust püsivam; 2) kloor on aktiivsem mittemetall kui väävel. Järeldused kirjutatakse vihikutesse ning tuletatakse neist üldisem seaduspärasus: mida aktiivsem mittemetall, seda perioodi lõpupool ta asub.

Õpitut kinnistatakse rea harjutustega, nagu: 1) kumb element on metallilisem, tina või antimon, 2) kumb element on mittemetallilisem, seleen või broom?

Õpikus leiduva tabeli alusel arutletakse veel teisi seaduspärasusi, mis avalduvad ühe ja sama perioodi elementide omaduste muutumises. On soovitav, et õpilased kirjutavad veel kord välja II perioodi elementide (õpikus on toodud III periood) ühendite valemid.

Lõpuks juhib õpetaja tähelepanu suurte perioodide erisusele; need perioodid jagunevad igaüks kaheks reaks. Tuleb öelda, et Mendelejevi esialgses tabelis oli iga rida esitatud praeguse perioodi tähenduses. Kõrvuti asetsevad read koondati hiljem ühisteks perioodideks, kui õpiti lähemalt tundma aatomite ehitust ja elementide omaduste muutumise tõelisi põhjusi.

5. tund.

Rühmad.

Perioodilisuse süsteemi rühmadest hea ettekujutuse saamine on õpilastele väga vajalik edaspidise keemia kursuse mõistmiseks ja omandamiseks. Selle teema käsitlemisel peab õpetaja osutama erilist kannatlikkust ja püsivust. Ei tohi rahulduda enne, kui kõik õpilased oskavad elemendi mingisse rühma kuuluvuse alusel määrata selle elemendi valentse, tuletada tema ühendite valemeid ning otsustada tähtsamate omaduste üle.

Vestlus eelmistes tundides käsitletu üle võtku minimaalselt aega, nii et põhiosa tunnist jääks rühmade õppimisele.

Teema käsitlust alustatakse alapealkirja «Rühmad» kirjutamisega ja rühma mõiste õppimisega. Seejärel võib lasta õpilastel nimetada rühmi, milles on suhteliselt suurem arv tuttavaid elemente. Loomulikult nimetavad õpilased esimest, teist, kuuendat ja seitsmendat rühma. Siis võib õpilastelt küsida:

1. Kui suur on naatriumi, kaaliumi, liitiumi ja teiste

leelismetallide valents hapniku suhtes? (Võib lasta kirjutada mõned oksiidide valemid.)

2. *Kirjutage kaltsiumi ja magneesiumi oksiidide valemid. Määrake nende elementide valents hapniku suhtes.*
3. *Milliseid väävli hapnikuühendeid mäletate? Kirjutage valemid. Missugune on väävli maksimaalne valents hapniku suhtes?*
4. *Kõrvutage elementide maksimaalne valents hapniku suhtes ja rühmade numbrid, milles antud elemendid asuvad. Mida märkate?*

Õpetaja rõhutab, et see pole juhuslik kokkusattumine, vaid seaduspärasus, mis avaldub enamikul elementidel (mille suhtes on aga arusaadavalt ka rida erandeid): rühma number on võrdne elemendi maksimaalse valentsiga hapniku suhtes.

Sellele järgnegu kohe kinnistamisharjutus — määrata elemendi maksimaalne valents hapniku suhtes järgmistel elementidel: baarium, boor, fosfor, seleen, kloor... Ka erandeid lastagu õpilastel endal tabelist otsida (raua ja vase puhul peaksid nad seda erinevust märkama).

Arusaadavalt seostatakse valentsi suurus ka ühendite valemitega.

Samal viisil tuleb meelde tuletada õpilastele tuttavaid vesinikuühendeid, määrata elemendi valents neis ja seostada see rühma numbriga. Sellele lisab õpetaja omaltpoolt, et esimese kolme rühma elementidel tavaliselt vesinikuühendid pole tüüpilised.

Kinnistavas harjutuses koostatakse vähem tuttavate elementide, näiteks seleeni, arseeni ja räni vesinikuühendite valemid.

Ühes ja samas rühmas asuvate elementide erinevuste selgitamine õnnestub kõige paremini katsete abil. Katse eel võiks õpetaja püstitada õpilastele probleeme: 1) määrame kindlaks, kumb element on metallilisem, kaltsium või magneesium; 2) püüame kindlaks teha, kas broom on kloorist mittemetallilisem või vastupidi. Esitatud probleemid võiks kirjutada vihikuisse.

Esimese probleemi lahendamiseks tehakse järgmine katse. Kahte keeduklaasi valatakse sooja vett ja pannakse ühte kaltsiumi-, teise magneesiumitükike. Kaltsium hakkab kohe veega reageerima, magneesium aga vajab veel täiendavat soojendamist.

Teise probleemi mõistatamiseks piisab, kui teada saada, kumma halogeeni — broomi või kloori metalliühendid on püsivamad. Võetakse kahte katseklaasi pisut naatriumkloriidi ja naatriumbromiidi (tahkel kujul) ning tilgutatakse mõlemale kontsentreeritud väävelhapet. Naatriumbromiid eraldab pruunikaid broomiaure. Reaktsiooni mehhanismi lähem selgitamine ega isegi reaktsiooni võrrandite kirjutamine pole vajalik. Õpilastele peaks selge olema — naatriumbromiid oli väksema püsivusega, järelikult on broom mittemetallina vähem aktiivne.

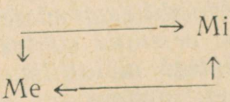
Kui õpetajal on antimoni ja hästi kuiva punast fosforit, võib mõlemat puistata klooriga täidetud purki. Et antimon süttib klooris kergemini, saab teha järelduse — ta on metallilisem kui fosfor.

Õpilased märgivad vihikuisse lühidalt katsete kirjelduse ja järeldused.

Sama rühma elementide erinevuseks on ka lahkumine-kud pea- ja kõrvalalarühmade elementide omadustes. Siingi tuleb õpilastele öelda, et neid erinevusi mõistetakse paremini pärast aatomi ehituse tundmaõppimist. Praegu tuleb vaid meeles pidada, et pea-alarühma elemendid asuvad alati II ja III perioodi elementidega kohakuti (olgu nad siis vasakule või paremale nihutatud) ja neil on antud rühma elementide tüüpilised omadused. Õpetaja nimetab elementide nimetused ja laseb õpilastel öelda, kas need elemendid kuuluvad pea- või kõrvalalarühma.

Tunni lõpul oleks vajalik teha veel harjutus, kus määratakse, kumb kahest nimetatud elemendist on metallilisem või mittemetallilisem: seleen ja telluur,broom ja jood, kaltsium ja strontsium, süsinik ja räni jne.

Õpetaja teeb kokkuvõtte elementide metallilisuse ja mittemetallilisuse muutumisest rühmades ning perioodides. Tartu VIII Keskkooli õpetaja A. Kütt annab õpilastele selle tunni lõpul lihtsa skeemi:



Järgmiseks tunniks peavad õpilased kordama kogu Mendelejevi perioodilisuse süsteemi. Õpetaja ütleb, et kõige tähtsam on osata

a) määrata elementide valentsi tabeli alusel;

b) kirjutada oksiidide ja vesinikuühendite valemeid;

c) osata otsustada, kas element on metall või mittemetall.

Koduseks tööks antakse mõned harjutused elementide omaduste määramiseks elemendi asendi alusel süsteemis.

6. tund.

Kordav ja kinnistav tund.

Antud tunnil on kolm eesmärki: 1) selgitada, kuidas on õpilased omandanud teadmised Mendelejevi perioodilisuse süsteemist; 2) kinnistada õpilaste oskusi süsteemi praktiliseks kasutamiseks elementide omaduste määramisel, 3) teatada õpilastele, et aatommasside põhjal koostatud elementide süsteem ei olnud täiuslik, selles oli rida vasturääkivusi.

Õpilaste teadmisi võib selgitada vestluse käigus.

1. *Sõnastada perioodilisusseadus.*
2. *Mida nimetatakse perioodiks?*
3. *Missuguseid perioode nimetatakse väikesteks perioodideks?*
4. *Missuguseid perioode nimetatakse suurteks perioodideks?*
5. *Missugused olulised erinevused on suurtel ja väikestel perioodidel?*
6. *Missugused elemendid moodustavad rühma?*
7. *Missugused elemendid kuuluvad pea-alarühma?*
8. *Nimeta 2. ja 5. rühma pea-alarühma elemendid.*
9. *Missugused elemendid kuuluvad kõrvalalarühma?*
10. *Nimeta 1. ja 6. rühma kõrvalalarühma elemendid.*
11. *Kuidas muutub elementide valents ühe perioodi piirides?*
12. *Kuidas saab perioodilisuse süsteemi alusel määrata elemendi maksimaalset valentsi hapniku suhtes?*
13. *Kuidas saab perioodilisuse süsteemi alusel leida elementide valentsi vesiniku suhtes?*
14. *Võrrelda elementide metallilisust ja mittemetallilisust ühe perioodi piirides.*
15. *Kuidas muutub elementide metallilisus ja mittemetallilisus ühe rühma piirides?*

Oskuste süvendamiseks ja kinnistamiseks võib teha järgmise harjutuse (sobib hästi perfokasseti kasutamisega).

1. *Järgmitest elementidest kõige mittemetallilisem on:*

Cl, Br, Se, As, P.

2. *Allpool loetletud elementidest kõige metallilisem on:*

Mg, Ca, Ga, Sn, Ba.

3. *Esitatud elementidest asuvad väikestes perioodides:*

K, Fr, Fe, S, Se.

4. *Järgnevaist elementidest kuulub pea-alarühma:*

Mn, Cu, Ti, Co, Te.

5. *Oksiidi valem R_2O_5 kuulub järgmisele elemendile:*

As, S, Ga, Sn, Sr.

6. *Oksiidile vastab hüdroksiid valemiga $R(OH)_3$ järgmisel elemendil:*

Al, Si, K, Os, Be.

7. *Vesinikuühend valemiga H_2R kuulub elemendile:*

Sb, Zn, Na, F, Se.

8. *Loetletud elementidest on kõrgeim valents hapniku suhtes neli:*

K, S, Ga, Be, Sn.

9. *Esitatud elementidest on valents vesiniku suhtes üks:*

He, Ag, C, Zn, I.

10. *Naatriumiga annab ühendi Na_2R järgmine element:*

Cl, C, Ne, Mg, Te.

Õpetaja peab ise otsustama, kas ta õpilastele juba selles tunnis paneb tehtud harjutuse ja vestluses antud vastuste eest hinded või korraldab järgmise tunni algul lühikese kontrolltöö, milles hindab õpilaste vastuseid samalaadsetele küsimustele, nagu neid käesolevas tunnis esitati.

Kirjeldatavas tunnis peaks õpetaja juhtima õpilaste tähelepanu mõnedele vasturääkivustele, mis Mendelejevi süsteemi arengus eksisteerisid veel läinud sajandi lõpul ja mille kõrvaldamine sai teoks vaid aine ehituse põhjalikuma tundmaõppimisega.

1. Ei teatud kindlalt väita, kas vesiniku ja heeliumi vahel võiks olla veel teisi elemente.

2. Ei olnud selge, miks enamiku 8-nda rühma elementide valents ei ole üldse kaheksa.
3. Ei osatud selgitada, miks mõned elemendid ei asu tabelis aatommasside suuruse järjekorras (argoon ja kaalium, koobalt ja nikkel, telluur ja jood).
4. Tunti elemente üterbium, lantaan, erbium, samaarium, gadoliinium jt. Neil puudus kindel koht Mendelejevi süsteemis.
5. Puudus seletus asjaolule, miks I rühma elementide vase ja kulla maksimaalne valents hapniku suhtes pole 1.
6. Problemaatiline oli ka väärisgaaside paigutus süsteemis.

Õpetajal tuleb silmas pidada, et nimetatud probleemid pole mõeldud õpilastele äraõppimiseks ja meeldejätmiseks. Õeldu peab vaid aitama luua kujutlust teaduse arengutasemest sajandivahetusel ja olema sissejuhatuseks järgmistel õppetundidel käsitletavale.

7. tund.

Aatomi ehitus.

Aatomi ehituse põhiprobleemide käsitluse võib jaotada järgmistesse alateemadesse.

1. *Aatomi planetaarne ehitus.*
2. *Elektronid.*
3. *Prootonid.*
4. *Neutronid.*
5. *Aatommass ja massiarv.*
6. *Perioodilisusseadus kaasajal.*

Uue teema käsitlust alustab õpetaja vestlusega sõnast aatom, meenutades selle kreekakeelset vastet. Edasi võib rääkida sellest, et meie ettekujutused maailmast, loodusest ja kõigest, mis on sellega seoses, ei ole kunagi täiuslikud, vaid teaduse uued saavutused muudavad meie ettekujutusi märgatavalt. Järgnevalt selgitatagu, et nii on olnud ka aatomi mõistega: varem jagamatuks tunnistatud aatomi koostisosi õpiti tundma juba eelmise sajandi lõpul.

Kirjeldatud sissejuhatuse järel võib õpetaja küsimuste varal selgitada õpilaste senised teadmised aatomi ehitusest ja teeb siis ise kokkuvõtte aatomi planetaarsest mudelist. Võib tuua ka võrdlevaid näiteid aatomi koostisosade

vahekaugustest ja mõõtmetest. Selle juures on otstarbekas kõnelda H. Moseley avastusest elementide järjenumbri ja aatomituuma laengu suuruse vahelise seose kohta. Nimetatud seos on tarvis siinjuures selgeks teha, selleks et aatomi koostisosade kirjeldamisel oleks kohe võimalik seostada nende hulka perioodilisuse süsteemiga.

Elektronide käsitlemisel võiks algul iseloomustada ühe elektroni massi ja laengut; seejärel tuleb jõuda järeldusele, et elektronide arv aatomis võrdub elemendi aatomi tuuma positiivse laenguga ja järelikult ka elemendi järjenumbriga perioodilisuse süsteemis. Õeldu kinnistamiseks tuleks lasta õpilastel määrata elektronide arv mõne tuntud elemendi (C, Mg, O, S, Fe, Ag jt.) aatomis.

Aatomi tuuma koostisosadest kõneldes tuleks õpilaste tähelepanu suunata sellele, et me lähtume oletusest, nagu koosneks tuum ainult prootonitest ja neutronitest, kuna mõned õpilased on ajakirjandusest kindlasti lugenud veel mitmetest teistest aatomituumast saadud osakestest.

Prootonite ja neutronite kirjeldamine võiks toimuda analoogiliselt elektronide käsitlemisega, s. o. märgitakse algul mass ja laeng ning lõpuks ka nimetatud osakeste arv aatomis. Prootoni ja neutroni massi ning laengu tähistamist tuleb eriti rõhutada, kuna vastasel korral ei jää õpilastele meelde, et osakese mass märgitakse selle sümboli ette üles ja laeng sama sümboli ette alla. Tähised $^{1}_{1}p$ ja $^{1}_{0}n$ peavad muutuma kõigile õpilastele arusaadavaks. Prootonite arvu tuletamisel lähtutakse asjaolust, et prootonid on aatomi tuuma positiivse laengu kandjad; järelikult nende arv peab võrduma selle elemendi aatomi tuuma positiivse laenguga ehk elemendi järjenumbriga perioodilisuse süsteemis. Neutronite arvu määramisel on tarvis algul selgeks teha, et elektronide mass on tühiselt väike; järelikult koosneb aatomi mass põhiliselt prootonite ja neutronite masside summast. Kuna nii prootoni kui ka neutroni mass on ca 1 süsinikuühik, on aatomi mass ligikaudu võrdne prootonite ja neutronite arvude summaga, mida võiks tähistada: $M = Z + N$.

Aatommassi ja massiarvu mõisted võivad õpilased eelneva selgituse põhjal omandada iseseisvas töös õpikuga, milleks kulub vaid 3—4 minutit. Pärast kontrollitakse, kas õpilased on need mõisted selgeks saanud.

Võrdusest $M = Z + N$ on lihtne tuletada neutronite arv:

$N = M - Z$, s. o. neutronite arv võrdub massiarvu ja prootonite arvu vahega ehk massiarvu ja elemendi järjenumbri vahega. Kirjeldatud selgitusele järgnegu prootonite ja neutronite arvude määramine mitme elemendi (H, C, N, Si, Ca jt.) aatomites.

Seejärel võib tuletada, lähtudes aatomi ehituse ja perioodilisuse süsteemi vahelisest seosest, perioodilisusseaduse kaasaegse sõnastuse. Nimetatud sõnastus on aga otstarbekam õppida hoopis hiljem, s. o. siis, kui pärast elektronkatte ja valentsi käsitlemist tehakse kokkuvõtteid perioodilisuse süsteemist.

Kirjeldatav tund peaks lõppema õpitu kinnistamisega, kusjuures algul tuletatakse meelde aatomi koostisosade massid ja laengud ning nende hulgad aatomites. Seejärel lastakse perioodilisuse süsteemi põhjal leida aatomi koostisosade arvud õpetaja poolt nimetatud elementidel.

8. tund.

Aatomi elektronkatte ehitus.

Aatomi elektronkatte ehitus on üks olulisemaid probleeme aatomi ehituse kursusest, kuna sellel põhineb nii keemilise sideme ja valentsi õpetamine kui ka kõikide edaspidi õpetatavate keemiliste elementide omaduste käsitlemine. Ühtlasi võimaldab aatomi ehituse tundmine lahti mõtestada Mendelejevi perioodilisuse süsteemi. Seepärast on otstarbekas piirduda vaid teadmiste lühiajalise frontaalse kontrolliga.

1. *Millest arvatakse aatom koosnevat?*
2. *Kui suur on elektroni laeng?*
3. *Mis tasakaalustab elektronide laengu?*
4. *Missugused osakesed annavad aatomi tuumale positiivse laengu?*
5. *Kui suured on prootoni laeng ja mass?*
6. *Kuidas tähistatakse prootonit?*
7. *Milliseid osakesi sisaldab veel aatomituum?*
8. *Kui suured on neutroni mass ja laeng?*
9. *Millega võrdub elektronide arv aatomis?*
10. *Mida nimetatakse massiarvuks?*
11. *Missuguste aatomi koostisosade arvu saab tuletada elemendi järjenumbri põhjal?*
12. *Kuidas saab määrata neutronite arvu?*

Pärast seda, kui õpetaja on tahvlile märkinud tunni teema, küsimuste varal meelde tuletanud elektronide hulga leidmise ja perioodilisuse süsteemi tabeli järgi lasknud leida elektronide arvu mõnede suurema järjenumbriga elementide aatomites, märgitakse tahvlile ja vihikutesse alapealkiri «Elektronikihid». Seejärel selgitab õpetaja elektronide liikumist ning nende paiknemist erinevatel energeetilistel nivoodel. Elektronikihtide tähistused (K, L, M...) märgitakse nii tahvlile kui ka vihikutesse. Elektronkatte keeruka ehituse illustratsioonina vaadeldakse õpiku tabelist perioodilisuse süsteemi esimestes perioodides paiknevate elementide aatomi ehitust. Täheldatakse, et elementide aatomite välise elektronikihi elektronide arv muutub korrapäraselt, ja tehakse järeldus, et elementide omaduste perioodilise muutumise põhjuseks võiks olla välise elektronikihi elektronide arvu perioodiline kordumine.

Teiseks alapealkirjaks märgitakse «Elektronikihtide arv» ja soovitatakse seejärel äsja vaadeldud tabelist leida seos elektronikihtide arvu ning perioodilisuse süsteemi vahel. Kui õpilased kohe ei märka vajalikku seost, suunatagu neid otsustama, mitmendas perioodis on elemendid naatriumist kuni argoonini ja mitu elektronikihti on nimetatud elementide aatomitel. Ka tahvlile ja vihikusse võiks väga lühidalt märkida järelduse — elektronikihtide arv võrdub perioodi numbriga. Selleks et õpitu paremini kinnistuks, lastakse õpilastel leida perioodilisuse süsteemi põhjal elektronikihtide hulk mõnedel ühte ja samasse rühma kuuluvatel elementidel, nagu vesinikul, liitiumil, naatriumil, kaaliumil, vasel, rubiidiumil, hõbedal, tseesiumil, kullal ja frantsiumil. Kui mõni õpilane ütleb, et vase aatomil on viis või hõbeda aatomil seitse elektronikihti, tuleb nende tähelepanu veel kord juhtida asjaolule, et elektronikihtide hulk ei võrdu rea, vaid perioodi numbriga.

Järgmise alapealkirjana märgitakse «Välise elektronikihi elektronide arv». Sellele küsimusele pea-alarühma elementide osas suudavad õpilased ise vastuse leida õpiku samast tabelist, mille põhjal tehti järeldus elementide omaduste perioodilise muutumise põhjuste kohta. Järelduse võiksid õpilased iseseisvalt vihikusse märkida. Seejärel lastagu määrata perioodilisuse süsteemi abil elektronide arv välisel elektronikihil mitmetel pea-alarühma elementidel (õpetaja poolt nimetatud järjenumbrite põhjal, nagu

elemendid nr. 14, 33, 52, 83, 85 jne.). On otstarbekas, et nimetatavad elemendid paikneksid perioodilisuse süsteemis lähestikku; vastasel korral kulutavad õpilased asjatult aega elementide leidmiseks. Pärast kirjeldatud harjutusi märgib õpetaja, et erandiks on siin kõrvalalarühma elemendid alates kolmandast rühmast — nendel on välises elektronikihis tavaliselt kaks elektroni. Ka sellele järgnegu lühiajaline harjutamine, mille vältel õpetaja hoidugu nende kõrvalalarühma elementide nimetamisest, mille aatomite välises elektronikihis ei ole kaks elektroni (Cr, Nb, Tc, Ru, Rh, Pd, Pt), kuna mõnel õpilasel võib olla käepärast perioodilisuse süsteem elektronide täpse paigutusega. Viimati nimetatud erandeid ei ole kaheksandas klassis mõtet puudutada.

Neljanda alapealkirja «Maksimaalne elektronide arv elektronikihtides» märkimise järel võiks õpetaja koheselt esitada valemi $2n^2$. Õpilased leiavad selle põhjal, asendades arvu n elektronikihi numbriga, et maksimaalsed arvud on 2, 8, 18 ja 32. Seejärel tuleks osutada asjaolule, et viiendal elektronikihil ei saa olla 50 elektroni, kuigi $2 \cdot 5^2 = 50$, kuna sel juhul elektronide arv esimesel viiel energeetilisel tasemel $(2 + 8 + 32 + 50 = 110)$ ületaks elektronide koguarvu ka kõige suurema seni tuntud järjenumbriga elemendil (104). Maksimaalse elektronide arvu välises ja eelviimases elektronikihis võiksid õpilased leida õpikust.

Tunni lõpul võiks koostada tahvlil mõne lihtsama aatomi (Al, P, Ca, Br) elektronkatte skeemi. Ka koduseks ülesandeks antagu õpikust ülesanded 3, 4, 5 või koostada väävli, kaaliumi ja arseeni elektronkatete skeemid.

9. tund.

Harjutustund elektronkatte ehitusest.

Kirjeldatavat tundi sobib alata õpilaste tihendatud küsitlusega, kusjuures kaks õpilast võiksid vastata kirjalikult tahvli juures või esimeses pingis, kuna kaks õpilast vastaksid suuliselt. Selleks et õpilaste teadmiste kontroll võtaks võimalikult vähem aega, võiks kolmele vastajaist anda küsimused lehekestele kirjutatult. Samaks ajaks, kui õpetaja organiseerib kolme õpilase töid klassi ees, antakse klassile mõtlemiseks küsimus: «Mida teate elektronide liikumisest, elektronikihtidest ja nende arvust?» Pärast nime-

tatud kolme õpilase töölerakendamist tulebki neljas õpilane vastama klassile esitatud küsimusele. Talle antakse veel mõned lisaküsimused.

1. *Mida nimetatakse perioodiks?*
2. *Millega võrdub prootoni mass ja laeng?*

Üks küsimustelehe saanud õpilastest võiks pärast mõningat mõtlemisaega anda vastused järgmistele küsimustele.

1. *Elektronide arv aatomi välisel elektronikihil ja maksimaalne elektronide arv elektronikihtidel.*
2. *Missugused elemendid moodustavad rühma?*
3. *Millega võrdub neutroni mass ja laeng?*

Kirjalikult võiksid õpilased vastata järgmistele küsimustele.

I õpilane.

1. *Koostada kloori aatomi elektronkatte skeem.*
2. *Kuidas saab määrata prootonite, neutronite ja elektronide arvu?*
3. *Missugused elemendid moodustavad pea-alarühma?*

II õpilane.

1. *Koostada räni aatomi elektronkatte skeem ja märkida prootonite ning neutronite arvud.*
2. *Millega võrdub elektroni mass ja laeng?*
3. *Sõnastada perioodilisusseadus.*

Kirjalikult vastavad õpilased lõpetavad oma töö samaaegselt klassi ees suuliselt vastavate õpilastega ja sellele järgneb aatomite elektroniliste skeemide koostamine. Pärast esimeste täielike skeemide koostamist võiks üle minna lihtsustatud skeemidele.

Kui eelmisel tunnil on juba mõned aatomite elektronilised skeemid tahvlil tehtud, võiks sellel tunnil teha harjutused vihikutesse, kusjuures algul mõned õpilased annavad kirjutamisega üheaegselt selgitusi. Nii peaks näiteks elemendi nr. 32 aatomi ehitust õpilane põhjendama järgmiselt: «Element nr. 32 on germaanium. Tema järjenumber on 32, seega on aatomituuma laenguks +32. Germaaniumi aatomi tuuma ümber tiirleb 32 elektroni, sest elektronide arv võrdub tuuma laenguga. Kuna germaanium asub neljandas perioodis, paiknevad tema aatomi elektronid neljal elektronikihil. Germaaniumi paiknemisest neljanda rühma pea-alarühmas võib järeldada, et tema aatomi välises elektronikihis on neli elektroni. Esi-

mestel elektronikihtidel on alati maksimaalne arv elektrone, seega esimesel kihil on 2 ja teisel kihil 8 elektroni. Esimesel, teisel ja neljandal kihil on kokku $2 + 8 + 4 = 14$ elektroni; kolmanda kihi elektronide arvu saame, kui elektronide koguarvust lahutame teiste kihtide elektronide arvu: $32 - 14 = 18$. Seega ka kolmandas kihis on maksimaalne arv elektrone, s. o. 18.»

Algul koostatagu lihtsamate aatomite elektronilisi skeeme, nagu N, Mg, Si, Ne, Ge ja Br. Harjutada tuleks kindlasti ka väärisgaaside aatomite elektronkatte skeemide koostamist, kuna sellest tulenevaid järeldusi läheb tarvis järgmistes tundides.

Kui on ilmne, et enamik õpilastest tuleb toime aatomite elektroniliste skeemide koostamisega, järgnegu täiesti iseseisev töö ilma selgitamiseta. Tunni lõpus võiks anda suurema iseseisvuse saavutamiseks ülesanded juba kahes rühmas.

Paremate õpilastele antagu harjutusi keerukamate ja suurema järjenumbriga elementide, nagu Ti, Mn, Ga, Bi ja Mo kohta. Ka koduseks tööks võiks olla erinevate elementide aatomite elektroniliste skeemide koostamine.

Tunni lõpul on õpetajal võimalus hinnata elektronilisi skeeme koostanud või selgitanud õpilasi.

10. tund.

Iooniline side.

Kuna eelmine tund oli harjutustund, siis ei ole selles tunnis vaja eriti põhjalikult teadmisi kontrollida. Selle asemel võiks piirduda koduste harjutuste kontrollimisega ja asuda seejärel koheioonilise sideme käsitlemisele. Teema jaguneb järgmisteks osadeks.

1. *Püsivaim elektronstruktuur.*
2. *Ioonilise sideme moodustumine.*
3. *Ioonilise sideme esinemine.*
4. *Ioonivõre.*

Pärast esimese alapealkirja märkimist meenutatakse, missugused on kõige püsivamad aatomid ja missugune on nende aatomite elektronstruktuur. Arutelus jõutakse järeldusele, et kõige püsivamad on väärisgaaside aatomid, kuna nad reageerivad teiste elementide aatomitega väga raskesti. Seega on püsivaimaks elektronstruktuuriks

kaheksaelektroniline väline elektronikiht. Mõnel juhul (He) on püsiv ka kahe elektroniga väliskiht.

Seejärel selgitab õpetaja, et keemilistes reaktsioonides toimuvad aatomite välistes elektronikihtides muutused, kusjuures aatomid püüavad saavutada olukorda, et nende viimasel energeetilisel tasemel oleks kaheksa elektroni.

Edasi võiks asuda vaatlema naatriumkloriidi teket naatriumi ja kloori reageerimisel. Pärast seda, kui on tahvlile joonistatud kloori ja naatriumi aatomite skeemid, püstitab õpetaja probleemi, kuidas saavutaks kloori aatom kõige lihtsamalt kaheksaelektronilise välise elektronikihi. Õpilased taipavad peagi, et kloori aatom peab juurde võtma ühe elektroni. Kui seejärel küsida, kuidas saavutab naatriumi aatom samasuguse väliskihi, võib vastusena tulla, et naatriumi aatom liidab seitse elektroni. Kui aga õpetaja selgitab materialistliku maailmavaate põhitõde, et looduses ei teki ega kao midagi iseenesest, vaid et kloori aatomi poolt liidetav elektron peab kuskilt mujalt eralduma, märgatakse peagi, et selle elektroni loovutajaks on naatriumi aatom. Pealegi muutub sealjuures naatriumi aatomi kaheksaelektroniline teine kiht väliskihiks. Nüüd tuleks lõpetada tahvlil ja õpilaste vihikutes ioonide tekkimise skeem (vt. õpikust joon. 27) ja märkida toimunud protsess lühemalt:

$$Na - e = Na^+$$
$$Cl + e = Cl^-$$

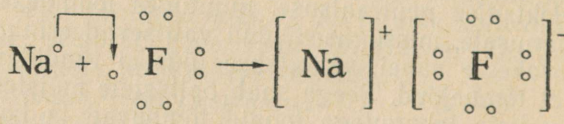
Ühtlasi saab nüüd selgitada, et mõlemad aatomid kaotavad elektrilise neutraalsuse, muutudes ioonideks. Õpetaja küsimusele, missugused jõud valitsevad erinimeliselt laetud osakeste vahel, vastatakse füüsika tundides õpitu põhjal, et tõmbejõud. Seega saab õpilastele mõistetavaks, et erinimeliste laengutega ioonid tõmbuvad ja hoiduvad koos elektrostaatilise tõmbejõu mõjul ning et just sellist ioonide vahel tekkinud sidet nimetataksegi iooniliseks sidemeks.

Pärast ioonilise sideme põhimõtte selgitamist tuleks kõnelda sellest, et iooniline side esineb just metallide ja mittemetallide omavahelistes ühendites. Kuna metallide aatomraadiused on tunduvalt suuremad kui mittemetallide aatomraadiused, loovutavad metallide aatomid kergesti elektrone, mida mittemetallide aatomid liidavad. Iooniline

side on seega sellistes ainetes, nagu KCl, $CaCl_2$, Na_2S, Na_2O jne., aga ka hapetes, alustes ja soolades.

Ioonilise sideme käsitlemise lõpul on tarvis õpilastele selgitada, et ioonilise sidemega ained ei koosne tegelikult molekulidest, vaid erinimeliselt laetud ioonidest, mis tahkes olekus moodustavad kristallivõre, mida nimetatakse ioonivõreks. Ioonivõre skeemi on otstarbekas lasta vaadelda õpikust. Ühtlasi võiksid õpilased ka vastava ainelõigu õpikust iseseisvalt läbi töötada. Õpetaja peaks õpilaste tähelepanu suunama sellele, et kuigi ioonilise sidemega ainetel puuduvad molekulid, tähistatakse neid aineid ikkagi nagu molekulidest koosnevaid aineidki (NaCl, CaI_2, ZnS) ja arvutatakse ka nende molekulmass.

Tunni lõpul peaks harjutama ioonilise sidemega ühendite tekke kirjeldamist, kusjuures algul koostatakse mõned skeemid ka tahvlil. Ka siinjuures tuleb minna järk-järgult lihtsamalt keerulisemale, lastes õpilastel koostada järjekorras näiteks järgmiste ühendite tekkimise skeemid: CaO, Na_2S, $CaBr_2$, $AlCl_3$, Al_2S_3 jne. Ka siin tuleks algul lasta õpilastel täpselt selgitada nii aatomi ehitust kui ka ioonide teket. Lõpuks aga toimugu täiesti iseseisev töö. Selleks et lihtsustada vastavate skeemide koostamist ja valmistada ette pinda kovalentse sideme käsitlemisele, võiks lasta koostada mõnede iooniliste sidemete skeemid lihtsustatult, märkides ära vaid aatomi välise elektronikihi elektronid:



Keerukamate ühendite puhul võiks pöörata tähelepanu sellele, et tekkinud iooni laeng võrdub alati tema valentsiga.

Ioonilise sideme mõiste paremaks omandamiseks antakse õpilastele koduseks ülesandeks ka mõne ioonilise sidemega ühendi tekkimise skeemi koostamine.

11. tund.

Kovalentne side.

Tunni algul pöördub õpetaja kogu klassi poole mõnede aktiviseerivate küsimustega.

1. *Missuguses aatomi elektronkatte osas toimuvad muutused keemiliste reaktsioonide puhul?*
2. *Missugustel elementidel on kõige püsivam elektronkate?*
3. *Missugune on väärisgaaside elektroniline struktuur?*
4. *Missugust elektronide arvu aatomi välises energianivoos püüavad saavutada kõik aatomid?*
5. *Missuguseid võimalusi teate kaheksaelektronilise välise elektronikihi moodustamiseks?*
6. *Missuguse keemilise sideme tüübi korral esineb elektronide liitmine ja loovutamine?*

Pärast seda, kui õpilased on õigesti vastanud esitatud küsimustele, kutsutakse üks õpilane klassi ette jutustama ioonilise sideme moodustumisest, kuna teisele õpilasele antakse lehekesele või kantavale tahvlile kirjutatult ülesanded.

1. *Koostada magneesiumi ja broomi ühendi tekkimise skeem.*
2. *Kuidas saab määrata neutronite arvu aatomis?*
3. *Mis on keemiliste elementide omaduste perioodilise muutumise põhjuseks?*

Samal ajal, kui tahvli juures olev õpilane koostab magneesiumbromiidi tekkimise skeemi, jutustab esimene õpilane ioonilisest sidemest ja saab õpetajalt järgmised lisaküsimused.

1. *Kuidas saab määrata elektronide arvu aatomi välises elektronikihis?*
2. *Missuguseid andmeid saab elemendi aatomi ehituse kohta tema järjenumbri põhjal?*

Kui mõlema õpilase küsitlemine on kulgenud kiiresti ja takistusteta, võib kutsuda vastama veel kolmanda õpilase, esitades temale järgmised probleemid.

1. *Jutustada ioonivõrest ja ioonilise sideme esinemisest.*
2. *Võrrelda prootoni, neutroni ja elektroni laengut.*
3. *Missugune on maksimaalne elektronide arv elektronikihtides?*

Tunni teist osa alustab õpetaja jutustusega sellest, et iooniline side tekib, kui reageerivad väga erinevad aatomid. Kuna ühendid moodustuvad ka paljude lähedaste omadustega elementide, nagu näiteks mittemetallide omavahelisel reageerimisel, siis peab esinema veel teistsuguseid keemilise sideme liike. Ühe niisuguse sideme liigina nimetab ta kovalentset sidet, märgib tahvlile (õpilased aga vihikutesse) «Kovalentne side». Seejärel märgitakse esimene alapealkiri «Esinemine» ja selgitatakse, et kovalentne side tekib just üksteisega sarnaste või vähe erinevate aatomite reageerimisel. Õpetaja küsimusele, missugused kaks aatomit on omavahel kõige enam sarnased, saabub peagi vastus, et ühe ja sama elemendi aatomid, seepärast võib kirjutada alapealkirja alla:

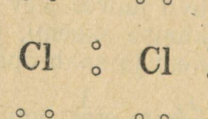
a) lihtgaasides (H_2, Cl_2, O_2, N_2 ...);

b) mittemetallide omavahelistes ühendites.

Teise alapealkirjana märgitakse «Moodustumine» ja siin saab selgitusi anda vaid õpetaja. Algul kirjeldatakse kovalentse sideme teket vesiniku molekulis, joonistades välja nii täieliku kui ka lihtsustatud skeemi.

Viimase, lihtsustatud skeemi (H:H) selgitamisel tuleb õpilasi hoiatada, et nad edaspidi taoliste skeemide mõjul ei arvaks, et elektronipaar seisabki kahe aatomituuma vahel.

Pärast vesiniku molekuli skeemi koostatakse kloori molekuli skeem:

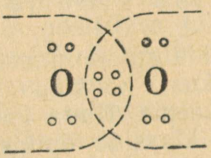


Selle puhul juhitakse õpilaste tähelepanu asjaolule, et ka kovalentse sideme korral püüavad aatomid saavutada kaheksaelektronilist välist elektronikihti. Kloori molekuli skeemi koostamise järel on otstarbekas teha kokkuvõte kovalentse sideme mõistest ja rääkida sellest, et ühte elektronipaari liituvad elektronid, mis pöörlevad oma telje ümber vastupidises suunas. Ühtlasi saab siinjuures õpilastele selgeks teha, et mingi elemendi aatom annab elektrone ühiste elektronipaaride moodustamiseks nii palju, kui on välises elektronikihis puudu kaheksast (või kahest — vesiniku puhul). Selle väite tõestusena koostatakse

hapniku molekuli skeem järgmiste suunavate küsimuste abil.

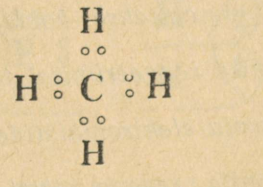
1. *Mitmendas rühmas paikneb hapnik perioodilisuse süsteemis?*
2. *Mitu elektroni on hapniku aatomi välises elektronikihis?*
3. *Mitu elektroni on hapniku aatomi välises elektronikihis puudu kaheksast?*
4. *Mitu elektroni võib anda seega kumbki hapniku aatom ühiste elektronipaaride moodustamiseks?*

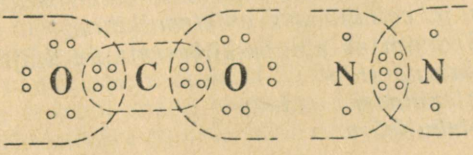
Seejärel koostatakse hapniku molekuli tekke skeem, rõhutades, et ka siin saavutatakse kaheksaelektroniline väliskiht:



Tunni lõpuosas võiks järgneda kovalentse sideme tekkimise skeemide koostamise harjutamine.

Õpilastel lastakse koostada CH_4, NH_3, CO_2, N_2 molekulide tekkimise skeemid:





Skeemide koostamise käigus nõutakse õpilastelt seletusi ka aatomi ehituse kohta ja juhitakse tähelepanu sellele, et vesiniku aatomi puhul on püsivaks kaheelektroniline väliskiht, kuna väliseks elektronikihiks on siin esimene kiht.

Osa eespool märgitud skeemidest võib anda õpilastele koduseks koostamiseks (lisaks õpiku materjalile).

Aatomivõre mõiste lahtimõtestamine ja teemandi kristallivõrega tutvumine võib jääda iseseisvaks tööks õpiku abil; õpetaja saab aga sellest soovi korral ka ise rääkida järgmisel tunnil seoses molekulivõre käsitlemisega.

12. tund.

Kovalentse sideme alaliigid.

Kirjeldatava tunni algul on tarvis põhjalikumalt kontrollida õpilaste oskust koostada kovalentse sidemega ainete molekulide skeeme. Kuna kovalentse sideme probleem on nooremate klasside õpilastele uudne ja nõrgematele õpilastele üsna raskesti omandatav, on otstarbekas lisaks töö täitmise formaalsele kontrollile, mida õpetaja teeb pingiridade vahel liikudes, lasta kahel õpilasel joonistada koduseks tööks antud skeemid tahvlile, selgitades sealjuures kõike, mida nad teevad. Kui esitada neile veel mõned täiendavad küsimused, on võimalik tunni esimese 8—10 minuti vältel hinnata mõlemat õpilast.

I õpilane.

1. *Missugust sidet nimetatakse kovalentseks sidemeks?*
2. *Missuguste aatomite reageerimisel tekib iooniline side?*
3. *Kuidas saab määrata elektronikihtide arvu?*

II õpilane.

1. *Missuguste aatomite reageerimisel tekib kovalentne side?*
2. *Kuidas tekib iooniline side?*
3. *Missugune on maksimaalne elektronide arv viimases ja eelviimases elektronikihis?*

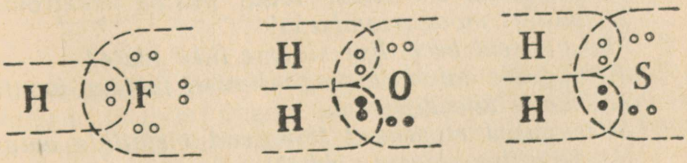
Uus õppematerjal alapealkirjastatakse alljärgnevalt.

1. *Polaarne side.*
2. *Mittepolaarne side.*
3. *Molekulivõre.*

Õpetaja alustab vestlust pärast esimese alapealkirja tahvlile märkimist sellest, et eelmisel tunnil vaadeldud ühendid moodustuvad niisugustest aatomitest, mille keemilised omadused on lähedased. Sel juhul on loogiline, et lähedase aktiivsusega aatomid seovad peaaegu võrdse tugevusega ühist elektronipaari. Õigustatult tekib aga küsimus, kuidas moodustub keemiline side selliste mittemetallide aatomite vahel, mille keemilised omadused järsult erinevad, nagu vesinik ja kloor, vesinik ja väävel, vesinik ja hapnik jne. On tõenäoline, et see aatom, mille tuumalaeng on suurem, peaks tõmbama elektronipaari tugevamini enda poole, kui see aatom, mille tuumalaeng on väike. Seetõttu peaks näiteks vesiniku ja kloori ühendis olema ühine elektronipaar suurema osa ajast kloori aatomi mõjupiirkonnas. Selle tõttu omandab vesinikkloriidi molekuli üks ots positiivse ja teine ots negatiivse laengu; molekulis esineb kaks poolust. Sellest on tuletatud ka nimetus — polaarne side.

Alles pärast taolist selgitavat vestlust koostatakse vesinikkloriidi molekuli skeem ja juhitakse õpilaste tähelepanu asjaolule, et ühine elektronipaar on skeemil nihutatud enam kloori aatomi suunas.

Seejärel lastakse õpilastel koostada veel HF, H_2O ja H_2S molekulide skeemid, kusjuures rõhutatakse molekuli polaarset ehitust:



Pärast polaarse sideme mõiste omandamist on õpilastel kerge aru saada, miks paljudel juhtudel kovalentset sidet on õige nimetada mittepolaarseks sidemeks. Puuduvad ju H_2, O_2, N_2 jne. molekulides põhjused sideme polaarsuseks ja skeemil märgime seetõttu ühise elektronipaari võrdsele kaugusele mõlema elemendi sümbolist, nagu H : H.

Lõpuks vaadeldakse õpikust jääkristalli joonist, võrreldakse seda eespool antud teemandi kristallivõrega ja tuletatakse molekulivõre mõiste. Kui eelmises tunnis ei olnud

juttu aatomivõrest, on siinkohal kõige otstarbekam ka seda mõistet käsitleda.

Koduseks ülesandeks antakse korrata kõik seni õpitud keemilise sideme liigid.

Kuna tunnis käsitletav materjal ei ole eriti mahukas, võiks tunni lõpuosas lahendada õpikust ülesandeid.

13. tund.

Keemilise sideme olemus.

Vaadeldava kokkuvõtliku tunni algul on sobiv kontrollida õpilaste seniseid teadmisi keemilistest sidemetest frontaalse küsitluse teel, mille vältel saab hinnata vähemalt 7—8 õpilast. Ühtlasi teatab õpetaja, et järgmisel tunnil toimub lühitöö aatomi elektronkatte ehitusest ja keemilisest sidemest. Frontaalsel küsitlemisel võiks kasutada järgmisi küsimusi.

1. *Missugused keemilised elemendid on püsivaimad?*
2. *Mitu elektroni on väärisgaaside aatomitel välises elektronikihis?*
3. *Missuguse elektronide arvuga väline elektronikiht on püsivaim?*
4. *Missugustes protsessides omandavad aatomid püsiva elektronilise struktuuri?*
5. *Kuidas nimetatakse sealjuures tekkinud osakesi?*
6. *Missuguseid võimalusi teate püsiva elektronilise struktuuri moodustamiseks?*
7. *Missuguseid keemilise sideme liike teate?*
8. *Missuguste aatomite reageerimisel tekivad ioonilise sidemega ühendid?*
9. *Missugused muutused toimuvad metallide aatomites ioonilise sideme tekkel?*
10. *Missuguse laenguga iooniks muutub metalli aatom?*
11. *Mitu elektroni loovutab a) naatriumi, b) magneesiumi, c) alumiiniumi aatom?*
12. *Missugused muutused toimuvad mittemetallide aatomites ioonilise sideme tekke puhul?*
13. *Missuguse laenguga iooniks muutub sealjuures mittemetalli aatom?*
14. *Mitu elektroni liidab a) fluori, b) hapniku aatom?*
15. *Mida nimetatakse iooniks?*
16. *Mille mõjul hoiduvad ioonid koos?*

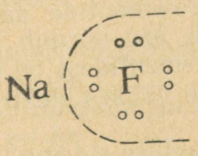
17. *Mida nimetatakse iooniliseks sidemeks?*
18. *Mida teate ioonilise sidemega ainete koostisest?*
19. *Kirjeldada naatriumi ja kloori ühendi teket.*
20. *Kirjeldada kaltsiumi ja kloori ühendi teket.*
21. *Kirjeldada kaaliumi ja hapniku ühendi teket.*
22. *Missuguste aatomite reageerimisel tekib kovalentne side?*
23. *Kuidas liigitatakse kovalentset sidet?*
24. *Selgitada mittepolaarse kovalentse sideme teket.*
25. *Kuidas saab määrata ühiste elektronipaaride arvu?*
26. *Joonistada fluori molekuli skeem.*
27. *Missuguste aatomite reageerimisel tekib polaarne side?*
28. *Selgitada polaarse sideme teket.*
29. *Joonistada vesinikfluoriidi molekuli skeem.*

Pärast frontaalset küsitlust tehakse kokkuvõtteid keemilisest sidemest.

Siinjuures võiks ühiselt veel meelde tuletada mittepolaarse ja polaarse sideme mõistet, kasutades selleks õpilaste poolt frontaalse küsitluse käigus tahvlile joonistatud ainete, nagu F_2 ja HF skeeme:



Analoogiliselt eelnevate skeemidega võiks koostada ka naatriumi ja fluori ühendi skeemi. Kuna fluori aatom seob elektrone palju tugevamalt kui naatriumi aatom, kuulub elektronipaar täielikult fluori aatomi mõjupiirkonda:



Kui võrrelda kolme eelnevalt koostatud skeemi, ilmneb, et polaarne side on üleminekuvormiks kovalentse ja ioo-

nilise sideme vahel. Ka ioonilist sidet võib seega vaadelda kovalentse sideme erikujuna, mille elektronipaar on täielikult lahkunud ühe aatomi mõjupiirkonnast.

Erinevate sidemetüüpide võrdlus saab õpilastele veelgi enam arusaadavaks, kui neil lasta koostada analoogiliselt eelnevaga veel mõnede ühendite tekke skeemid.

Tehes kokkuvõtet erinevatest keemilise sideme tüüpidest, peaks õpetaja juhtima tähelepanu sellele, et kirjeldatud keemilise sideme liikide abil ei saa selgitada kaugeltki kõikide ühendite teket. Peale nimetatud sideme liikide tuntakse veel mitmeid teisi sideme liike, mida õpitakse tundma alles keemia põhjalikumal õppimisel.

Tunni lõpuosas selgitab õpetaja elektronide tegelikku liikumisolekut ja elektronipilve mõistet. Selleks jutustuseks saab sobivat materjali V. Palmi populaarteaduslikust raamatust «Vestlusi keemia vallast».

Tunni lõpul annab õpetaja korralduse korrata järgmiseks tunniks peale keemilise sideme ka aatomi elektronkatte ehitust.

14. tund.

Kontrolliv tund.

Tunni algul viiakse läbi test, mille kaks võimalikku varianti on esitatud alljärgnevalt.

A-variant.

1. Elektronide arv aatomis võrdub elemendi ..... perioodilisuse süsteemis.
2. Maksimaalne elektronide arv on: 1. kihil ..... 2. kihil ....., 3. kihil ..... ja 4. kihil .....
3. Pea-alarühma elementide aatomi välise elektronikihi elektronide arv võrdub .....
4. Keemilistest elementidest on püsivaimad .....
5. Nende aatomite välises elektronikihis on ..... elektroni.
6. Tähtsamad keemilise sideme liigid on: a) ..... ja b) ..... side.
7. Kovalentne side tekib ..... aatomite reageerimisel.

8. Ioonilise sideme korral metalli aatom ..... elektrone ja muutub ..... laenguga iooniks.
9. Mittemetalli aatom liidab/loovutab nii palju elektrone, kui tal on puudu .....
10. Ioonideks nimetatakse ..... omandanud aatomeid.
11. Ioonilise sidemega ained ei koosne ....., vaid erinimeliselt laetud .....
12. Kovalentne side moodustub ..... abil.
13. Polaarne side esineb ..... aatomite vahel.
14. Lämmastiku molekulis on ..... side.
Kumbki lämmastiku aatom annab ühiste elektronipaaride moodustamiseks ..... elektroni.
Ühe aatomi mõjupiirkonda jääb seega kummalgi lämmastiku aatomil ..... elektroni.
Lämmastiku kovalentse molekuli skeem on:
15. Kristallivõret, mille sõlmpunktides asuvad molekulid, nimetatakse .....

B-variant.

1. Elektronikihtide arv aatomis võrdub selle ..... numbriga, kus vastav element asub.
2. Maksimaalne elektronide arv on aatomi välises elektronikihis .....
3. Kõrvalalarühma elementide aatomite välises elektronikihis on tavaliselt .....
4. Keemiliste reaktsioonide puhul toimuvad muutused aatomi ..... elektronikihis.
5. Kõik aatomid püüavad saavutada elektronide arvuks välises elektronikihis .....
6. Kovalentne side jaguneb: a) ..... ja b) .... sidemeks.
7. Iooniline side tekib ..... aatomite reageerimisel.
8. Ioonilise sideme korral mittemetalli aatom ..... elektrone ja muutub ..... laenguga iooniks.
9. Metalli aatom liidab/loovutab tavaliselt nii palju elektrone, kui tal on .....
10. Erinimeliste laengutega ioonid püsivad koos .... mõjul.
11. Ioonilise sidemega tahke aine kristallivõret nimetatakse .....

12. Enamik aatomeid annab kovalentses sidemes ühiste elektronipaaride moodustamiseks nii palju elektrone, kui tal on puudu .....
13. Mittepolaarne side tekib ..... aatomite reageerimisel.
14. Kaaliumi ja väävli reageerimisel moodustub .... side.
Kaaliumi aatomi välisel elektronikihil on ..... elektroni.
Väävli aatomi välisel elektronikihil on ..... elektroni.
Kaaliumi aatom liidab/loovutab ..... elektroni ja muutub +/— ..... laenguga iooniks.
Väävli aatom liidab/loovutab ..... elektroni ja muutub +/— ..... laenguga iooniks.
15. Kristallivõret, mille sõlmpunktides asuvad aatomid, nimetatakse .....

On muidugi loomulik, et testi materjalid on trükitult iga õpilase jaoks. Sel juhul ei kulu testi täitmiseks üle 10—15 minuti ja õpetajal on järgmiseks tunniks selge, missuguseid lünki on veel õpilaste teadmistes.

Pärast testi lõpetamist arutletakse õpilastega probleeme, mis on kerkinud testi täitmise käigus ja seejärel lastakse ühel õpilasel jutustada keemilise sideme olemusest.

Tunni teises osas lahendatakse õpiku vastavate §§-de järel olevaid ülesandeid.

15. tund.

Valents.

Tunni algul tehakse lühike kokkuvõte eelmises tunnis toimunud testi tulemustest, tõstetakse esile edukamaid õpilasi ja analüüsitakse esinenud vigu. Sellele ei tohiks kulutada liiga palju aega.

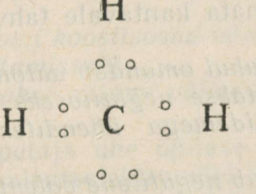
Tunnis käsitletavat õppematerjali võib alapealkirjastada alljärgnevalt.

1. *Valentsi mõiste.*
2. *Positiivne valents.*
3. *Negatiivne valents.*
4. *Valentsi määramine.*

Pärast esimese alapealkirja märkimist lastakse õpilastel meelde tuletada 7. klassis õpitud valentsi definitsioon.

Seejärel räägib õpetaja, et nimetatud definitsioon ei ole päris täpne, kuna temas ei peegeldu valentsi põhjused, ja et valentsi põhjustajaks on elektronkatte väliskihi elektronid, kuna need võtavad osa keemilise ühendi moodustamisest; seepärast nimetatakse neid ka valentselektronideks.

Kirjeldatud sissejuhatava vestluse järel annab õpetaja valentsi definitsiooni järgmisel kujul: «Loonilise sidemega ühendite korral nimetame valentsiks aatomi omadust liita või loovutada elektrone. Kovalentse sidemega ühendites on aga valentsiks aatomi omadus anda elektrone ühiste elektronipaaride moodustamiseks.» Siis tuleks selgitada õpilastele teadaolevate ühendite põhjal valentsi arvulist väärtust. Näitena võiks tuua ühendi valemiga $CaCl_2$ ja lasta õpilastel otsustada, miks on kaltsiumiooni valents kaks ja kloriidiooni valents üks. Kui nad ei suuda kohe küsimusele vastata, tuleks neid suunata mõtlema, mitu elektroni on loovutanud kaltsiumi aatom ja mitu elektroni on liitnud kloori aatom. Kovalentse sidemega ühendi näiteks võiks tuua metaani, koostades selle ühendi skeemi



ja lasta õpilastel otsustada, miks on süsiniku valents neli ning vesiniku valents üks. Üheskoos tehakse järeldus, et arvuliselt võrdub valents liidetud, loovutatud või ühiste elektronipaaride moodustamiseks antud elektronide arvuga.

Positiivse valentsi käsitlemist võiks õpetaja alustada küsimusega: «Missugune muutus esineb aatomi välises elektronikihis, kui aatom muutub positiivseks iooniks?» Õpilaste õige vastuse alusel saab öelda, et positiivseks valentsiks nimetatakse aatomi omadust loovutada elektrone ja muutuda positiivse laenguga iooniks ning et positiivne valents esineb vaid loonilise sidemega ühendeis. Seejärel peaks selgeks tegema, et positiivne valents esineb

eelkõige metallidel (ja ka vesinikul) ühendeis mittemetallidega, kuna metallide aatomraadiused on suuremad ja nende aatomid loovutavad seetõttu kergemini elektrone. Ühtlasi võiks õpilaste tähelepanu suunata sellele, et positiivne valents öeldakse olevat ka vähem aktiivsetel mittemetallidel ühendites hapniku ja halogeenidega, kuigi nendes ühendites sageli esineb polaarne kovalentne side. Nii öeldakse sageli ka polaarse sidemega vee molekulis vesiniku valents olevat +1.

Seejärel esitatud küsimustele positiivse valentsi arvulise väärtuse ja loovutatud elektronide arvu kohta vastavad õpilased, et positiivne valents võrdub loovutatud elektronide arvuga ja tavaliselt loovutatakse välisest elektronikihist kõik elektronid. Kuna elektronide arv aatomi välises elektronikihis on sageli võrdne elemendi rühma numbriga perioodilisuse süsteemis, on ka positiivne valents üldjuhul võrdne rühma numbriga. Positiivse valentsi käsitlemise lõpul võiks õpilastel lasta määrata mõnede elementide positiivne valents.

Negatiivse valentsi kohta peaksid õpilased suutma leida kõik ise analoogiliselt positiivse valentsiga. Õpilaste mõttekäiku võiks suunata kantavale tahvlile kirjutatud küsimuste varal.

1. *Missugusel juhul omandab aatom negatiivse laengu?*
2. *Mida nimetatakse negatiivseks valentsiks?*
3. *Missuguse sidemega ühendites esineb negatiivne valents?*
4. *Millega võrdub negatiivne valents?*
5. *Missugustel elementidel esineb negatiivne valents?*

Õpilastel tekib tavaliselt raskusi ainult viimasele küsimusele vastamisega, siin peaks õpetaja abistama. Ka negatiivse valentsi käsitlemisele järgnegu harjutamine perioodilisuse süsteemi põhjal.

Viimase probleemi, valentsi leidmise eel peaks õpetaja märkima, et kõik ained on elektriliselt neutraalsed, järelikult nendes esinevate elementide aatomite valentside summa on võrdne nulliga. Teades, et vesinik on ühendeis alati positiivselt ühevalentne ja hapnik negatiivselt kahevalentne, saame leida elementide valentse väga mitmesugustes ühendites. Et leida fosfori valentsi fosforhappes H_3PO_4, võime koostada võrrandi: $3(+1) + x + 4(-2) = 0$, asendades fosforhappe valemis elementide sümbolid nende valentsidega. Võrrandi lahendamisel saame, et $x =$

= +5. Õpilased võiksid leida veel lämmastiku valentsi lämmastikhappes ja väävli valentsi väävelhappes. Seejärel on õige selgitada, et samale tulemusele võib jõuda ka ilma matemaatilise võrrandi koostamiseta, toimides nii, nagu seda on näidatud õpikus. Paar minutit kestva iseseisva tööga peaks õpilastel selge olema ka õpikus näidatud valentsi leidmise moodus, mis sisuliselt ei erine oluliselt eespool kirjeldatust.

Lõpuks selgitatagu õpilastele, et selliselt leitud valents on arvutuslik ega vasta alati tegelikkusele (eriti kovalentse sidemega ühendite puhul).

Tund lõppegu käsitletud materjali kinnistamisega. Selle käigus lastagu õpilastel meelde tuletada õpitud mõisted ja seejärel perioodilisuse süsteemi põhjal leida mõnede elementide võimalikud positiivsed ja negatiivsed valentsid.

16. tund.

Oksüdeerumine ja redutseerumine.

Tundi on otstarbekas alustada mõne frontaalse küsimusega.

1. *Missugused aatomi koostisosad võtavad osa keemilise sideme moodustamisest?*
2. *Kuidas nimetatakse aatomi välise elektronikihi elektrone?*

Seejärel kutsub õpetaja ühe õpilase jutustama sellest, missugune seos on valentselektronidel ja valentsil. Samal ajal antakse kahele õpilasele paberileht kirjalikuks vastamiseks esimeses pingis.

Esimene õpilane räägib valentsi mõistest ja toob näiteid valentsi kohta nii ioonilise kui ka kovalentse sideme korral. Talle esitatakse järgmised lisaküsimused.

1. *Kuidas määratakse elektronide arvu välises elektronikihis?*
2. *Missugune on neutroni mass ja laeng?*

Individuaalselt võiks küsitleda veel kahte õpilast. Nendele antakse järgmised teemad.

2. *õpilane.*
1. *Jutustada positiivsest valentsist, selle arvulisest väärtusest ja esinemisest.*
2. *Kirjeldada kovalentse sideme teket.*
3. *Kui suur on elektroni mass ja laeng?*

3. õpilane.

1. Jutustada negatiivsest valentsist, selle arvulisest väärtusest ja esinemisest.

2. Kirjeldada iooniline sideme teket.

3. Kui suur on prootoni mass ja laeng?

Esimeses pingis kirjalikult vastavatele õpilastele on antud järgmised küsimused.

1. õpilane.

1. Määrata elementide valentsid järgmistes ühendites:

$$AlCl_3,\ K_2S,\ H_2SO_3.$$

2. Missuguste aatomite reageerimisel tekib iooniline side?

3. Kuidas määrata elektronikihtide arvu aatomis?

2. õpilane.

1. Määrata elementide valentsid järgmistes ühendites:

$$MgCl_2,\ Al_2S_3,\ HPO_3.$$

2. Missuguste aatomite reageerimisel tekib kolmevalentne side?

3. Missugune on maksimaalne elektronide arv aatomi elektronikihtides?

Hapendumise ja taandumise õppimist sobib alustada meenutusega 7. klassi kursusest, kus hapendumist käsitleti kui ühinemisreaktsiooni hapnikuga. Selle illustreerimiseks koostatakse mõnede lihtsate reaktsioonide võrrandid, nagu

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$
$$4Na + O_2 = 2Na_2O$$
$$4Al + 3O_2 = 2Al_2O_3$$

ning analüüsitakse, missugused muutused toimuvad reaktsiooni käigus reageerivate elementide aatomitega. Magneesiumi aatom loovutab 2 elektroni ja muutub positiivselt kahevalentseks iooniks:

$$Mg - 2e = Mg^{2+}$$

Naatriumi aatom loovutab ühe elektroni ja muutub positiivselt ühevalentseks iooniks:

$$Na - e = Na^{+}$$

Analoogiline muutus toimub ka alumiiniumi aatomiga:

$$Al - 3e = Al^{3+}$$

Kõikides märgitud reaktsioonides hapnikuga ühineva elemendi aatom loovutab elektrone. Kuna vaadeldud protsessis oksüdeeruvad nii magneesium, naatrium kui ka alumiinium, võib teha järelduse: hapendumiseks ehk oksüdeerumiseks nimetatakse elektronide loovutamise protsessi.

Järgnevalt käsitletud reaktsiooni võrrandeist järeldub, et hapendusreaktsioon ei pruugi olla alati ühinemine hapnikuga. Ka järgmised reaktsioonid on hapendusreaktsioonid:

$$Fe + S = FeS,$$
$$2Al + 3Cl_3 = 2AlCl_3,$$

kuna ka nende puhul toimub elektronide loovutamine:

$$Fe - 2e = Fe^{2+}$$
$$Al - 3e = Al^{3+}$$

Pärast hapendumisprotsessi üksikasjalikku käsitlust tuleb õpilastele selgitada, et hapendumisega kaasneb alati taandumine, mis on hapendumise vastandprotsess. Taandumiseks nimetatakse elektronide liitumise protsessi. Seega taanduvad viimati kirjeldatud reaktsioonides väävli ja kloori aatomid:

$$S + 2e = S^{2-}$$
$$Cl + e = Cl^-$$

Tunni lõpuosas tehakse samade näidete varal selgeks mõisted oksüdeerija ja redutseerija. Õpilastele on mõistetav, et hapnik on oksüdeerija. Vaadeldud reaktsioonides liidab hapniku aatom alati kaks elektroni:

$$O + 2e = O^{2-}$$

Analoogiline muutus toimub ka väävli ja kloori aatomiga. Seega saab teha järelduse: oksüdeerijaks ehk hapendajaks nimetatakse ainet, mis liidab elektrone. Kui seejärel õpilastelt küsida, missugused elemendid on tavaliselt oksüdeerijateks, jõutakse peagi järeldusele, et nendeks on aktiivsed mittemetallid.

Sarnaselt oksüdeerija mõistega tuletatakse ka redutseerija mõiste.

Õpitu kinnistamiseks tuleks lasta leida liidetud ja loovutatud elektronide arv ning tekkinud iooni laeng mõnedes reaktsioonides, nagu:

$K - e = \ldots\ldots$
$F + e = \ldots\ldots$
$P + 3e = \ldots\ldots$
$Ca + 2e = \ldots\ldots$
$Cu \ldots\ldots = Cu^{2+}$
$S \ldots\ldots = S^{2-}$
$N \ldots\ldots = N^{3-}$
$Al \ldots\ldots = Al^{3+}$
$Fe^{2+} \ldots\ldots = Fe^{3+}$

Kirjeldatud harjutused võiksid õpetajal olla varem kantavale tahvlile kirjutatud ja õpilased peaksid vastava lünga täitmise järel ütlema, kas toimub oksüdeerumine või redutseerumine ja kas on tegemist oksüdeerija või redutseerijaga.

17. tund.

Isotoobid.

Teadmiste kontrollimise võtteks võiks selles tunnis olla lühike kirjalik kontrolltöö, nn. tunnikontroll. Küsimused jagatakse õpilastele paljundatult või esitatakse kantavale tahvlile kirjutatult.

I rühm.

1. *Määrata elementide valents järgmistes ühendites:*

$$H_3BO_3,\ HNO_3,\ CaSiO_3,\ K_2Cr_2O_7$$

2. *Kirjutada reaktsiooni võrrandid järgmiste muundumiste kohta:*

$$Zn \rightarrow ZnCl_2$$
$$Ca \rightarrow CaO$$

Selgitada, milline element on oksüdeerija, milline redutseerija.

3. *Lõpetada järgmised elektronvõrrandid:*

$Mg - 2e =$
$Br + e =$
$Al - 3e =$
$Se + 2e =$
$Cu = Cu^{+}$
$O^{2-} = O$

II rühm.

1. *Määrata elementide valents järgmistes ühendites:*

$$HPO_3,\ H_2SiO_3,\ Na_3PO_4,\ KMnO_4.$$

2. *Kirjutada reaktsiooni võrrandid järgmiste keemiliste nähtuste kohta:*

$$Fe \rightarrow FeS$$
$$Na \rightarrow Na_2S$$

Selgitada, milline element oksüdeerus, milline redutseerus.

3. *Lõpetada järgmised elektronvõrrandid:*

$$Ag - e =$$
$$S + 2e =$$
$$Fe - 3e =$$
$$P + 3e =$$
$$H^+ = H$$
$$As = As^{3-}$$

Pärast tunnikontrolli lõpetamist korratakse lühikeses vestluses aatomi tuuma ehitust. Tuletatakse meelde järgmisi fakte.

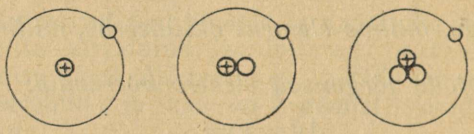
1. *Aatomi tuumas leiduvate elementaarosakeste nimetused.*
2. *Prootoni mass, laengu suurus ja laengu märk.*
3. *Neutroni mass ja laeng.*
4. *Prootoni ja neutroni tähistused.*
5. *Seos prootonite arvu ja elemendi asendi vahel perioodilisuse süsteemis.*
6. *Mis määrab elemendi aatommassi suuruse?*
7. *Kuidas saadakse teada neutronite arvu elemendi aatomi tuumas?*

Kui nimetatud faktid on meelde tuletatud, tuleks teha paar lihtsat harjutust prootonite ja neutronite arvu määramiseks.

Nende harjutuste tegemisel võib õpilastel kerkida küsimus, kuidas leida neutronite arvu, kui elemendi aatommass pole täisarv. Nüüd tulebki õpetajal selgitada, et ühe ja sama elemendi aatomid pole kõik täiesti identsed, nad võivad üksteisest erineda neutronite arvu poolest. Sama elemendi aatomite liiki, millel on erinev neutronite arv, nimetatakse isotoopideks.

Kui õpilased selle probleemi juurde ise ei tule, annab õpetaja omapoolse selgituse ja teeb teatavaks, et käesoleva tunni teemaks ongi «Isotoobid».

Pärast teema ülesmärkimist selgitab õpetaja nähtust veel kord üksikute näidete põhjal. Esimeseks näiteks sobib kõige paremini vesinik. Vesiniku isotoopide kohta võib tahvlile visandada skeemi värviliste kriitidega või teha plastiliinist mudeli.



Vesiniku näite põhjal on hea kohe õpetada ka isotoopide tähistamist, rõhutades, et see on põhimõtteliselt sarnane prootoni ja neutroni sümbolitega — laengu suurus all ja massiarv üleval:

$$\overset{1}{\underset{1}{H}} \quad \overset{2}{\underset{1}{H}} \quad \overset{3}{\underset{1}{H}}$$

Teisi näiteid võib õpilastel lasta uurida õpikust, kusjuures nad vastavates tabelites olevate andmete põhjal kirjutavad naatriumi ja hapniku isotoopide tähistused oma töövihikuisse.

Selle töö eel teatab õpetaja, et isotoopide sümboleis märgitakse mõnikord ka ainult massiarvu, näiteks $\overset{16}{\underset{18}{O}}$, O — saab ju prootonite arvu alati leida tabelist. Sagedamini aga võib kirjanduses sama elemendi eri isotoopide tähistamiseks leida nimetusi, näiteks süsinik-12, süsinik-14.

Lõpuks tuleks veel kord korrata isotoobi definitsiooni.

Kinnistamiseks ja koduseks tööks sobib anda järgmisi harjutusi.

1. *Leida prootonite ja neutronite arv kaltsiumi isotoopides*

$$\overset{40}{\underset{20}{Ca}}, \quad \overset{42}{Ca}, \quad \overset{43}{Ca}, \quad \overset{44}{Ca}.$$

2. *Leida neutronite arv isotoopides plii-208 ja vismut-209.*
3. *Mille poolest erinevad omavahel germaanium-72 ja gallium-71?*
4. *Mille poolest erinevad omavahel räni-28 ja räni-30?*
5. *On teada, et looduslikus vees esineb kerget ja rasket vesinikku (* $^{1}_{1}H$ *ja* $^{2}_{1}D$*) ning hapniku isotoope* $^{16}_{8}O$ *ja* $^{18}_{8}O$*. Mitu erinevat liiki vee molekule leidub looduses?*

Tunni lõpul peaks veel lahendama probleemi (kui see varem õpilaste algatusel juba pole üles kerkinud), milline tunnus on siis antud elemendile iseloomulik, kui neutronite arv ühe elemendi aatomites pole kindlalt piiritletud. Või teisiti, mis saab siis, kui muuta tuumas prootonite arvu?

18. tund.

Keemiliste elementide muundamine.

Õpetaja võib varem valmis kirjutada 3 «eksamipiletit».

I.

1. *Mille poolest on sarnased kahe erineva elemendi isotoobid tsink-66 ja vask-65? Kirjutada sümbolid tahvlile.*
2. *Kirjutada tahvlile prootoni tähistus.*
3. *Millised keemilised elemendid on head oksüdeerijad?*
4. *Mille poolest on sarnased ühe rühma pea-alarühma elemendid Mendelejevi perioodilisuse süsteemis?*

II.

1. *Leida neutronite arv isotoopides: magneesium-24, magneesium-25, magneesium-26. Kirjutada sümbolid tahvlile.*
2. *Kirjutada tahvlile neutroni tähistus.*
3. *Mida mõistame positiivse valentsi all?*
4. *Isotoobi definitsioon.*

III.

1. *Märkida isotoopide tähistused, kui aatomi tuumas on:*
   a) 13 prootonit ja 14 neutronit,
   b) 4 prootonit ja 5 neutronit,
   c) 47 prootonit ja 67 neutronit.
2. *Millised elemendid on head redutseerijad?*
3. *Kuidas saab elemendi asendi alusel perioodilisuse süsteemis otsustada tema negatiivse valentsi üle?*

Kolm õpilast tulevad õpetaja laua juurde ja võtavad küsimused, asuvad tahvli juures harjutusi kirjutama ning lisaküsimuste üle järele mõtlema. Õpetaja kontrollib koduseid ülesandeid või vestleb õpilastega sellistest raudvarasse kuuluvatest mõistetest, mida «piletitele» kirjutatud ei ole.

Mõne aja pärast võivad kontrollitavad õpilased oma vastused ette kanda.

Muidugi võib õpetaja analoogilisi ülesandeid ja küsimusi läbi võtta ka frontaalses töös kogu klassiga.

Uut teemat «Keemiliste elementide muundamine» võib alustada lühikese jutustusega alkeemikutest, kelle unistuseks oli teistest elementidest kulda valmistada. Lähtepunktiks võib võtta ka radioaktiivsuse kui elementide iseeneslikku muundumise nähtuse avastamise läinud sajandi lõpul. Paljugi oleneb siin klassi koosseisust, selle huvidest ja eelteadmistest.

Õpetaja lühikesele populaarteadusliku sisuga jutustusele peab järgnema küsimus, millega eelmine tund lõpetati: «Mis on antud elemendile kõige iseloomulikum suurus, mille muutudes muutub ka element ise?»

Järgnevalt teatab õpetaja, et aatomi tuuma koostises toimuvaid muutusi nimetatakse tuumareaktsioonideks. Tuumareaktsioonid on spontaanselt looduses toimuvad ja inimese poolt kunstlikult esile kutsutud.

Inimese poolt teadlikult esilekutsutud tuumareaktsioonide hulgas võib näidetena nimetada ka mõnede aktinoidide sünteesi.

1955. aastal saadi Ameerika Ühendriikide teadlaste kollektiivi poolt element nr. 101. Tema saamine toimus järgmise tuumareaktsiooni väljendava võrrandi kohaselt:

$$^{253}_{99}\mathrm{Es} + {}^{4}_{2}\mathrm{He} \rightarrow {}^{256}_{101}\mathrm{Md} + {}^{1}_{0}n$$

Ameerika teadlased nimetasid uue elemendi perioodilisuse süsteemi looja auks mendeleeviumiks.

Õpetaja lõpetab teema jutustusega tuumareaktsioonide kasutamisest praktikas ja nende poolt inimkonnale põhjustatud hädaohust.

Tuumareaktsioonide lähem tundmaõppimine kuulub füüsika kursusesse.

Kui jätkub aega, võib tunni lõpul harjutada tuumareaktsioonide võrrandite koostamist, nagu:

$$^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{17}_{8}O + \ldots\ldots$$

$$^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \rightarrow \ldots\ldots + {}^{1}_{1}H$$

$$^{9}_{4}Be + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{12}_{6}C + \ldots\ldots$$

$$^{7}_{3}Li + \ldots\ldots \rightarrow 2\,{}^{4}_{2}He$$

19. tund.

Mendelejevi perioodilisusseaduse ja perioodilisuse süsteemi tähtsus.

Mendelejevi avastuse tähtsust tuleks hinnata kolmest aspektist lähtudes.

1. Mendelejevi poolt avastatud seaduspärasus oli tihedasti seotud filosoofia ja loodusteaduste edasise arenguga.

2. Keemiateaduses põhjustas perioodilisuse seaduse avastamine tõelise revolutsiooni, olles põhjuseks reale uutele avastustele ja aidates lahendada mitmeid seni lahendamata probleeme.

3. Perioodilisuse süsteemi tähtsust tunnetab iga inimene, kes keemiaga tegeleb ja keemiat õpib. Nagu igasugune klassifikatsioon, kergendab ta ülevaate saamist mitmekesisest ja rohkearvulisest nähtuste ning ainete maailmast.

Esimese probleemideringi lähem mõistmine on 8. klassi õpilasele tõenäoliselt raskesti mõistetav. Selle juures pikemalt ei peatuta.

Perioodilisuse süsteemi mõju keemiateaduse arengule saab illustreerida mitmete faktidega, millest õpikus on küllalt põhjalikult juttu. I. Netšajev oma raamatus «Jutustusi elementidest» kirjeldab kaasakiskuvalt Lecoq de Boisbaudrani ja Mendelejevi kirjavahetust, mis toimus galliumi avastamise puhul.

Mainima peaks ka seda, et juba enne kurtšatooviumi avastamist teadsid keemikud ette, et see element on sarnane hafniumiga ja kuulub IV rühma.

Perioodilisuse süsteemi praktilist tähtsust keemia õppimisel tunnetavad õpilased ise. Selle teadmise kinnistamiseks võiks lasta neil teha veel mõned harjutused — kirjeldada neile tundmatute elementide (näiteks Rb, Se, As, Ba) aatomi ehitust, valentsi, kirjutada ühendite valemid ja iseloomustada nende omadusi.

Antud tunnis tuleks lühidalt peatuda ka Mendelejevi perioodilisuse süsteemi edasiarendamisel 20. sajandi esimesel poolel.

On lahendatud küsitavused ja vasturääkivused, millele 19. sajandi teadlased ei osanud seletust anda.

On teada, et vesiniku ja heeliumi vahel ei saa asuda ühtki elementi — ei saa ju olla aatomi tuuma, mille tuuma laeng on suurem kui 1 ja väiksem kui 2.

Mõistetavaks osutub, miks näiteks argoon ja kaalium pole tabelis aatomkaalude suuruse järjekorras — on ju elementi iseloomustavaks suuruseks tuumalaeng.

Koha tabelis on leidnud nii väärisgaasid kui lantaniidid.

Veel kord tuleb rõhutada, et aatomi ehituse selgitamine ei tõestanud ainult Mendelejevi avastuse suurust ja ettenägelikkust, vaid arendas seda edasi ja andis talle tõelise sisu.

Ülevaate D. Mendelejevi tegevusest perioodilisuse süsteemi avastamisel ja selle süsteemi tähtsusest annab vastav õppefilm. Filmi demonstreerimine sobib hästi just käesolevasse tundi. Äärmisel juhul võib filmi vaadata ka tunnis, kus käsitletakse Mendelejevi elulugu.

Selles tunnis tuleb teha ka ettevalmistusi eelseisvaks kontrolltööks. Igal õpilasel peab olema klassipäevikus vähemalt 3 hinnet, mille alusel õpetaja saab otsustada, kas keegi vajab konsultatsiooni. Samuti peab õpetajal selge olema, mis teeb õpilastele veel raskusi. Sellest lähtudes valib ta ka ülesanded harjutamiseks ja koduseks tööks.

Antud teema on õpilastele edaspidiste teadmiste omandamise seisukohalt sedavõrd tähtis, et ei tohiks panna rahuldavat hinnet õpilastele, kes teiste teemade eest on saanud keskmiselt hinde «3», aga perioodilisuse süsteemi ja aatomi ehitust tunneb puudulikult. Neilt õpilastelt tuleks nõuda puudulikult hinnatud tööde ümbertegemist, kuni teadmised on saanud vähemalt rahuldavaks.

20. tund.

Kontrolltöö.

Tartu VII Keskkooli õpetaja L. Anijalg on koostanud testkontrolltöö õpilaste teadmiste kontrolliks käsitletava teema lõpetamisel. Esitame selle allpool.

I variant.

Täitke lüngad või vastake küsimustele.

1. Elementide omadused on perioodilises sõltuvuses ..... (Mendelejevi sõnastus).
2. Keemiliste elementide perioodilisuse süsteemis on ..... rühma (arv).
3. Kolme esimest perioodi nimetatakse .....
4. Perioodi number näitab keemilise elemendi .....
5. Rühma piirides ülevalt alla elemendid muutuvad metallisemaks/mittemetallisemaks.
6. Kumb element on metallilisem, kaalium või kaltsium?
7. Kumb element on mittemetallilisem, kloor või broom?
8. Kirjutage keemilise reaktsiooni võrrand elemendi nr. 56 oksiidi reageerimise kohta veega.
9. Kirjutage elemendi nr. 33 vesinikuühendi valem.
10. Mitu % hapnikku on kaadmiumsulfaadis? (Vastus andke arvutusena.)
11. Prootoni mass on ....., laeng on .....
12. Neutroni mass on .....
13. Prootonite ja neutronite koguarvu nimetatakse ....
14. Aatomi eelviimases elektronikihis võib olla maksimaalselt .....
15. Metallilisteks nimetatakse elemente, mille aatomid .....

16. Uraani isotoobi $^{235}_{92}U$ tuumas on ..... neutronit ja ..... prootonit.
17. Kirjutage elektronilised võrrandid, mille järgi muutuvad iooniks järgmised aatomid: Ca, Al, Br, S.
18. Joonistage magneesiumiooni ja fluoriidiooni elektronilised skeemid.
19. Määrake lämmastiku valents ühendites: Ca_3N_2, HNO_3, $NaNO_2$.
20. Lõpetage võrrandid:

$$K^+ + e =$$
$$Fe^{3+} + e =$$
$$N^{3-} - 3e =$$
$$N^{5+} + 3e =$$

II variant.

Täitke lüngad või vastake küsimustele.

1. Elementide omadused on perioodilises sõltuvuses .....
(Perioodilisuse seadus vastavalt aatomi ehituse teooriale.)
2. Keemiliste elementide perioodilisuse süsteemis on ..... (arv) suurt perioodi.
3. Keemiliste elementide perioodilisuse süsteemi rühmad jagunevad ..... ja .....
4. Rühma number näitab keemilise elemendi .....
5. Elementide omadused perioodis muutuvad minnes vasakult paremale metallilisemaks/mittemetallilisemaks.
6. Kumb element on mittemetallilisem — seleen või broom?
7. Kumb element on metallilisem — strontsium või baarium?
8. Kirjutage keemilise reaktsiooni võrrand elemendi nr. 16 kõrgema valentsiga oksiidi reageerimise kohta veega.
9. Kirjutage elemendi nr. 35 vesinikuühendi valem.
10. Mitu % rubiidiumi on rubiidiumsulfaadis (Vastus andke arvutusena.)
11. Elektroni mass on ....., laeng on .....
12. Neutroni laeng on .....

13. Aatomi välises elektronikihis võib olla maksimaalselt ..... elektroni.
14. Keemilise elemendi teisendeid, millel on ühesugune ....., kuid erinevad ..... nimetatakse isotoopideks.
15. Mittemetallilisteks nimetatakse elemente, mille aatomid .....
16. Uraani isotoobi $^{238}_{92}U$ tuumas on ..... neutronit ja ..... prootonit.
17. Kirjutage elektronilised võrrandid, mille järgi muutuvad iooniks järgmiste elementide aatomid: Rb, Ba, Se, I.
18. Joonistage berülliumiooni ja kloriidiooni elektronilised skeemid.
19. Määrake väävli valents ühendites: CaS, H_2SO_4, Na_2SO_3.
20. Lõpetage võrrandid:

$$Cu^{2+} + e =$$
$$Fe^{2+} + 2e =$$
$$Se^{2-} - 2e =$$
$$Mn^{7+} + 3e =$$

Õpetajatel, kellel puuduvad võimalused testi paljundamiseks, on raskusi selle töö korraldamisel.

Kasutades abivahendina kantavat tahvlit, kuhu on juba varem sümbolid ja reaktsiooni võrrandid peale kantud, ning dikteerides sõnalist teksti, saab korraldada eespool toodule võrdlemisi sarnase töö.

Näiteks olgu allpool esitatud üks selliseid variante.

1. Elementide perioodilisuse seaduse kaasaegne sõnastus.
2. Perioodilisuse süsteemi rühma iseloomustus.
3. Iseloomustada järgmisi elemente (aatomi elektronskeem, tähtsamate ühendite valemid, omadused): Se ja Mg.
4. Kirjeldage kovalentse sideme tekkimist H ja F aatomite vahel.
5. Arvutage hapniku protsendiline sisaldus rubiidiumsulfaadis ja lämmastiku maksimaalse valentsiga oksiidis.
6. Neutroni tähistus.

7. Leida neutronite ja prootonite arv süsiniku isotoopides C-12, C-13, C-14.
8. Kirjutada võrrandid, mille järgi muutuvad ioonideks: Li, Sr, As, I.
9. Joonistada elektronskeemid berülliumioonile ja bromiidioonile.
10. Määrata elementide valents ühendeis: FeS, H_2SO_4, Na_2SO_3.
11. Lõpetada elektronvõrrandid:

$$Cu^{2+} + e =$$
$$Fe - 2e =$$
$$Se + 2e =$$
$$Mn^{7+} + 3e =$$

Kantavale tahvlile või iga õpilase jaoks lehekesele kirjutatult võib anda ka järgmise kontrolltöö.

I variant.

1. Perioodilisusseaduse sõnastused.
2. Missugused elemendid moodustavad rühma?
3. Prootoni, neutroni ja elektroni mass.
4. Millega võrdub aatomi elektronikihtide arv?
5. Kovalentse sideme esinemine ja tekkimine.
6. Mida nimetatakse positiivseks valentsiks?
7. Missuguseid aineid nimetatakse oksüdeerijateks?
8. Lõpetage võrrandid:

a) $Cu^{2+} + e =$ .....
b) $S^{2-} - 2e =$ .....
c) Ba $= Ba^{2+}$
d) I $= I^-$

II variant.

1. Perioodi mõiste.
2. Pea- ja kõrvalalarühma mõiste.
3. Prootoni, neutroni ja elektroni laeng.
4. Millega võrdub aatomi välises elektronikihis olevate elektronide arv?
5. Ioonilise sideme esinemine ja tekkimine.
6. Mida nimetatakse negatiivseks valentsiks?
7. Missuguseid aineid nimetatakse redutseerijateks?
8. Lõpetage võrrandid:

a) $K^+ + e =$ .....
b) $N^{3-} - 3e =$ .....
c) Br $= Br^-$
d) Ca $= Ca^{2+}$

21. tund.

D. Mendelejevi elu ja tegevus.

Kui õpetaja on kontrolltöödes esinenud vead selgitanud ja teinud korraldused edaspidiseks (mida tuleb veel korrata, millised õpilased peavad töö uuesti tegema jne.) ning andnud ka kodused harjutused, käsitleb ta perioodilisusseaduse avastaja biograafiat. Mendelejevi erakordselt huvitava isiksuse tundmaõppimiseks on ka ühest tunnist vähe. Kirjanduse ajaloos pööratakse väljapaistvatele isikutele palju suuremat tähelepanu, teadlaste elulugude õppimise kasvatuslikku väärtust aga mõnikord alahinnatakse.

O. Pissarzevski raamat «Dimitri Ivanovitš Mendelejev» pakub rikkalikku materjali, mille alusel õpetaja võib koostada haarava jutustuse, õpilased aga koostada 4—5 lühireferaati («Mendelejevi noorus», «Perioodilisuse süsteemi avastamine», «Mendelejevi sõit õhupallil» jne.). Raamatut võib ka katkendite viisi lihtsalt tunnis ette lugeda.

Perioodilisuse süsteemi ja aatomi ehituse õpetamine ei tohi selle tunniga lõppeda. Kogu edaspidine keemia kursus peab sellel põhinema.

Lisa 1.

Kemikaalide ligikaudne vajadus ühe õppeaasta vältel 8-klassilises koolis (arvestusega, et klassis on 40 õpilast ja puuduvad paralleelklassid).

Jrk. nr.	Nimetus	Keemiline sümbol või valem	Kogus grammides
1	2	3	4
	I. Lihtained		
1.	Aktiivsüsi	C	100
2.	Alumiiniumipulber	Al	50
3.	Alumiiniumilaastud	Al	50
4.	Broom	Br_2	3
5.	Fosfor	P	20
6.	Jood	I	10
7.	Kaltsium	Ca	10
8.	Magneesiumilint	Mg	10
9.	Magneesiumipulber	Mg	25
10.	Naatrium	Na	10
11.	Plii	Pb	20
12.	Puusüsi	C	50
13.	Rauapulber (redutseeritud vesinikuga)	Fe	100
14.	Raualaastud	Fe	100
15.	Tina	Sn	10
16.	Tsingi granulaat	Zn	200
17.	Tsingitolm	Zn	50
18.	Vaselaastud	Cu	100
19.	Väävel	S	50
	II. Oksiidid		
1.	Difosforpentoksiid	P_2O_5	50
2.	Elavhõbe(II)oksiid	HgO	10
3.	Kaltsiumoksiid	CaO	500
4.	Magneesiumoksiid	MgO	60
5.	Mangaandioksiid	MnO_2	20
6.	Plii(II)oksiid	PbO	50
7.	Raud(III)oksiid	Fe_2O_3	50
8.	Vask(II)oksiidi pulber	CuO	100
9.	Vask(II)oksiidi granulaat	CuO	50
10.	Vesinikperoksiid (3%-line lahus)	H_2O_2	100
	III. Hüdroksiidid		
1.	Ammoniaagi vesilahus (25%-line)	$NH_3(aq)$	200
2.	Baariumhüdroksiid	$Ba(OH)_2$	50
3.	Kaaliumhüdroksiid	KOH	250
4.	Kaltsiumhüdroksiid (kustutatud lubi)	$Ca(OH)_2$	200

1	2	3	4
5.	Naatriumhüdroksiid	NaOH	500
6.	Naatronlubi	NaOH+Ca(OH)$_2$	200
	IV. Happed		
1.	Boorhape	H_3BO_3	30
2.	Lämmastikhape (erikaal 1,4)	HNO_3	200
3.	Ortofosforhape	H_3PO_4	100
4.	Soolhape (erikaal 1,19)	HCl	2000
5.	Väävelhape (erikaal 1,84)	H_2SO_4	2000
6.	Äädikhape	CH_3COOH	50
	V. Soolad		
1.	Alumiiniumsulfaat	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	100
2.	Ammooniumdikromaat	$(NH_4)_2Cr_2O_7$	60
3.	Ammooniumkarbonaat	$(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$	20
4.	Ammooniumkloriid	NH_4Cl	100
5.	Ammooniumnitraat	NH_4NO_3	200
6.	Ammooniumsulfaat	$(NH_4)_2SO_4$	200
7.	Baariumkloriid	$BaCl_2 \cdot 2H_2O$	200
8.	Baariumnitraat	$Ba(NO_3)_2$	50
9.	Elavhõbe(II)nitraat	$2Hg(NO_3)_2 \cdot H_2O$	25
10.	Hõbenitraat	$AgNO_3$	30
11.	Kaaliumalumiiniumsulfaat	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	50
12.	Kaaliumdikromaat	$K_2Cr_2O_7$	25
13.	Kaaliumjodiid	KI	10
14.	Kaaliumkarbonaat (potas)	K_2CO_3	20
15.	Kaaliumkloraat (Berthollet' sool)	$KClO_3$	50
16.	Kaaliumkloriid	KCl	200
17.	Kaaliumnitraat	KNO_3	200
18.	Kaaliumpermanganaat	$KMnO_4$	300
19.	Kaaliumsulfaat	K_2SO_4	50
20.	Kaaliumtiotsüanaat	KSCN	10
21.	Kaltsiumfosfaat	$Ca_3(PO_4)_2$	200
22.	Kaltsiumkarbiid	CaC_2	10
23.	Kaltsiumkarbonaat	$CaCO_3$	200
24.	Kaltsiumkloriid	$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	100
25.	Kaltsiumnitraat	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	100
26.	Kaltsiumsulfaat	$2CaSO_4 \cdot H_2O$	200
27.	Magneesiumkloriid	$MgCl_2 \cdot 6H_2O$	25
28.	Magneesiumsulfaat (mõrusool)	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	25
29.	Marmor	$CaCO_3$	500
30.	Naatriumfosfaat	$Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$	200
31.	Naatriumkarbonaat (kaltsineeritud sooda)	Na_2CO_3	50
32.	Naatriumkarbonaat-10-vesi (pesusooda)	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	200
33.	Naatriumkloriid	NaCl	500
34.	Naatriumnitraat	$NaNO_3$	200
35.	Naatriumsilikaat	$Na_4SiO_3 \cdot 9H_2O$	20

1	2	3	4
36.	Naatriumsulfaat (glaubrisool)	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	250
37.	Naatriumsulfit	Na_2SO_3	100
38.	Naatriumvesinikkarbonaat (söögisooda)	$NaHCO_3$	100
39.	Pliiatsetaat	$(CH_3COO)_2Pb \cdot 3H_2O$	25
40.	Pliinitraat	$Pb(NO_3)_2$	30
41.	Raud(III)kloriid	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	100
42.	Raud(II)sulfiid	FeS	50
43.	Raud(II)sulfaat	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	100
44.	Raud(III)sulfaat	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	25
45.	Strontsiumkloriid	$SrCl_2 \cdot 6H_2O$	10
46.	Tsinksulfaat	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	50
47.	Vask(II)hüdroksiidkarbonaat	$Cu_2(OH)_2CO_3$	200
48.	Vask(II)kloriid	$CuCl_2 \cdot 2H_2O$	100
49.	Vask(II)nitraat	$Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$	25
50.	Vask(II)sulfaat	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	250
	VI. Orgaanilised ained		
1.	Bensiin	—	50
2.	Etanool (etüülalkohol)	C_2H_5OH	4000
3.	Glükoos (viinamarjasuhkur)	$C_6H_{12}O_6 \cdot H_2O$	50
4.	Glütseriin	$C_3H_5(CH)_3$	25
5.	Kolloodium	—	100
6.	Nafta	—	200
7.	Naftaleen (naftaliin)	$C_{10}H_8$	50
8.	Parafiin	—	100
9.	Petrooleum	—	200
10.	Sahharoos (roosuhkur, peedisuhkur)	$C_{12}H_{22}O_{11}$	50
11.	Tärklis	$(C_6H_{10}O_5)_n$	25
12.	Tärpentin	—	50
13.	Vaseliin	—	100
	VII. Indikaatorid		
1.	Fenoolftaliin	—	20
2.	Lakmus	—	10
3.	Lakmuspaber	—	1 karp
4.	Metüüloranž	—	20
5.	Universaalindikaator	—	2 karpi

Lisa 2.

Keemia klassi varustus.

Jrk. nr.	Nimetus	Arv
1	2	3
	I. Laboratooriumitarbed, aparaadid ja instrumendid	
1.	Akumulaator	1
2.	Alaldi	1
3.	Apteegikaalud ja vihid	20
4.	Areomeeter (0,7—1)	2
5.	Areomeeter (1—2)	2
6.	Asbestvõrgud (12 × 12 cm)	40
7.	Asbestvõrgud (16 × 16 cm)	3
8.	Destilleerimisaparaat	1
9.	Dewari anum	1
10.	Diaprojektor	1
11.	Ekraan	1
12.	Elektripliit	2
13.	Epidiaskoop	1
14.	Eudiomeeter	2
15.	Gaasitorbik (läbilõik gaasikurnast)	1
16.	Gasomeeter (5 l)	2
17.	Harjad katseklaaside pesemiseks	20
18.	Harjad keeduklaaside pesemiseks	2
19.	Harjad kolbide pesemiseks	2
20.	Kaalud (tehnilised)	2 kompl.
21.	Kaaluvihid	20
22.	Kandikud (laboratoorseteks töödeks)	40
23.	Katseklaaside statiivid	2
24.	Kippi aparaat (250 ml)	1
25.	Kitsasfilmi aparaat	1
26.	Klaasilõikamisnuga	3
27.	Kolmjalad (metallist)	5
28.	Kolmnurgad tiiglite jaoks (portselanist ümbrisega)	1
29.	Korgipress	2 kompl.
30.	Korgipuurid	1
31.	Korgipuuride teritamise nuga	1
32.	Kruvikeeraja	5
33.	Kruvisulgurid	1
34.	Kruustangid (väikesed)	20
35.	Käärid	1
36.	Lapiktangid	5
37.	Lauad katseklaaside kuivatamiseks	2
38.	Liebigi jahutaja	1
39.	Lõiketangid	20
40.	Magnetraud	1
41.	Massi jäävuse seaduse demonstreerimise riist	20
42.	Metallstatiivid (rõnga ja klambriga)	1
43.	Nuga	

1	2	3
44.	Pintsetid	3
45.	Plekikäärid	1
46.	Piirituslambid	40
47.	Raudlusikad (ainete põletamiseks)	40
48.	Raudtiiglid	3
49.	Spaatlid	40
50.	Tahvel (kantav)	2
51.	Süsinikdioksiidi omaduste demonstreerimise riist	1
52.	Termomeetrid (—20° kuni +150° C)	20
53.	Tiiglitangid	20
54.	Tulekustutaja mudel	1
55.	Vasar	1
56.	Vee elektrolüüsi aparaat	1
57.	Vedrusulgurid	5
58.	Viilid (kolmekandilised)	5
59.	Viilid (ümarad)	1
60.	Õhupump	1
	II. Klaasist ja portselanist nõud	
1.	Destillatsioonikolvid (100 ml)	20
2.	Destillatsioonikolvid (250 ml)	2
3.	Gaasi pesemise pudel	2
4.	Jaotuslehtrid (100 ml)	20
5.	Jaotuslehtrid (200 ml)	2
6.	Kaltsiumkloriiditoru ühe kuuliga	5
7.	Katseklaasid	500
8.	Keeduklaasid (100 ml)	40
9.	Keeduklaasid (200 ml)	20
10.	Keeduklaasid (500 ml)	1
11.	Klaaskausid (diameeter 125 mm)	20
12.	Klaaskausid (diameeter 190 mm)	20
13.	Klaaskuppel	2
14.	Klaaspulgad (diameeter 3—5 mm)	40
15.	Klaastorud (diameeter 3, 5, 7, 10 ja 15 mm)	3 kg
16.	Kolvid, lameda põhjaga (100 ml)	40
17.	Kolvid, lameda põhjaga (250 ml)	40
18.	Kolvid, lameda põhjaga (500 ml)	3
19.	Kraan, klaasist, ühe otsekäiguga	3
20.	Kraan, klaasist, painutatud toruga	3
21.	Lehtrid (läbimõõt 55 mm)	40
22.	Lehtrid (läbimõõt 100 mm)	5
23.	Mohri büretid (25 ml)	5
24.	Mõõtekolvid (500 ml)	2
25.	Mõõtekolvid (1000 ml)	1
26.	Mõõtesilindrid (100 ml)	20
27.	Mõõtesilindrid (250 ml)	2
28.	Pipetid (10 ml), alajaotustega 0,1 ml	5
29.	Pipetid (1 ml)	40
30.	Portselankausid (65 ml)	40
31.	Portselantiiglid nr. 3	5

1	3	3
32.	Pudelid (100 ml)	400
33.	Pudelid (250 ml)	100
34.	Purgid (100 ml)	100
35.	Purgid (250 ml)	50
36.	Retordid (250 ml)	2
37.	Seadmed gaaside saamiseks	20
38.	Sinised klaasid 5×5 cm	20
39.	Tilklehtrid	2
40.	T-torud	5
41.	Uhmrid koos uhmrinuiaga	20
42.	U-torud	5
43.	Uuriklaasid	20

III. Mitmesugused materjalid

1.	Asbest	200 g
2.	Asbestvatt	200 g
3.	Elektrijuhtmete kogu	1
4.	Filterpaber	300 g
5.	Klaasipliiatsid	1 karp
6.	Klaasplaadid	40
7.	Korgid	2 kg
8.	Kriidid (värvilised)	1 karp
9.	Kummikorgid	2 kg
10.	Kummivoolik	2 kg
11.	Kuivatuspaber	
12.	Kuivpiiritus	10 karpi
13.	Küünlad	1 karp
14.	Lapid laudade puhastamiseks	20
15.	Liim	
16.	Liivapaber	
17.	Mendelejevi kitt	
18.	Naelad	0,5 kg
19.	Paber	
20.	Puupirrud	
21.	Riidetükid	
22.	Rätikud nõude kuivatamiseks	2
23.	Seep	200 g
24.	Terastraat	100 g
25.	Vasktraat	2
26.	Vaskvõrgud	
27.	Vatt	

IV. Kollektsioonid

1.	Herbitsiidid	1
2.	Kiudained	1
3.	Kivisüsi ja selle töötlemise saadused	1
4.	Kütuste liigid	1
5.	Malm ja teras	1
6.	Metallid ja sulamid	1

1	2	3
7.	Mikroväetised	1
8.	Mineraalid ja kivimid	1
9.	Mineraalid ja kivimid (jaotusmaterjal)	1
10.	Mineraalväetised	1
11.	Nafta ja selle töötlemise saadused	1
12.	Plastmassid	1
13.	Põlevkivi	1
	V. Tabelid ja kaardid	
1.	Ainete lahustuvus	1
2.	Anorgaaniliste ühendite vaheline seos	2
3.	Elementide levik looduses	1
4.	Gaasigeneraator	2
5.	Koksitööstus	1
6.	Lahustuvuskõverad	1
7.	Lubjaahi	1
8.	Metallide aktiivsuse rida	1
9.	Metallurgiast	1 seeria
10.	Nafta ladestumise skeem	1
11.	Nafta destilleerimine	2
12.	Perioodilisuse süsteem	1
13.	Süsiniku ringkäik looduses	1
14.	Tähtsamad keemilised elemendid	1
15.	Maailma maavarade kaart (1 : 22 000 000)	1
16.	Tähtsamate ainete kasutamine	1 seeria
17.	NSVL keemiatööstuse kaart	
	VI. Õpetlaste-keemikute portreed (seerias 16 portreed)	
1.	M. Lomonossov, D. Mendelejev, N. Zelinski, N. Zinin, A. Butlerov, V. Markovnikov, A. Favorski, S. Lebedev, N. Kurnakov, M. Kutšerov, N. Beketov, A. Fersman, A. Lavoisier, J. Dalton, M. Curie-Sklodowska, F. Joliot-Curie.	
	VII. Diapositiivid	
1.	Aatomi ehitus	1 kompl.
2.	Hapnik	1 kompl.
3.	Lämmastikhape	1 kompl.
4.	Raud	1 kompl.
5.	Süsinik	1 kompl.
6.	Väävelhape	1 kompl.
	VIII. Diafilmid	
1.	Alumiinium	1
2.	Kautšuk ja kummi	1
3.	Koksikeemiatööstus	1
4.	Kuidas saadakse musti metalle	1
5.	Kuiva jää tootmine	1
6.	M. Lomonossov	1
7.	Looduslik gaas ja selle kasutamine	1

1	2	3
8.	Mineraalväetiste tootmine	1
9.	Mustmetallurgia saavutused	1
10.	Nafta tootmine ja töötlemine	1
11.	Plastmassid	1
12.	Silikaaditööstus	1
13.	Söe ja nafta tootmine	1
14.	Tahke kütuse gaasistamine	1
15.	Tahke, vedela ja gaasilise kütuse põletamine . .	1
16.	Tehiskiud	1
17.	Tööstuslik meetod ainete eraldamiseks . . .	1
18.	Vee puhastamine	1

IX. Esmaabivahendid

1. Ammoniaagi vesilahus, 10%-line (minestuse, kloori- või broomiauru mürgituse korral)
2. Boorhappe lahus, 2%-line (silmade pesemiseks vigastuse korral)
3. Jooditinktuur, 3—5%-line (väikeste haavade desinfitseerimiseks)
4. Kaaliumpermanganaat (põletuste puhul)
5. Sidemed
6. Streptotsiidsalv (põletuste puhul)
7. Söögisooda lahus, 3%-line (pesemiseks hapetega söövitamise korral)
8. Vatt
9. Äädikhappe lahus, 3%-line (pesemiseks leelistega söövitamise puhul)

Õpilase töökoha varustus.

I. Õpilase töökoha põhivarustus.

1. Ainete põletamise lusikas
2. Apteegikaalud koos vihtidega
3. Asbestvõrk
4. 2—3 erinevalt painutatud klaastoru
5. Filterpaber
6. Kandik
7. 12 katseklaasi
8. Katseklaaside pesemise hari
9. Katseklaaside statiiv
10. Klaaslehter
11. Klaasplaat
12. Klaaspulk
13. 2—3 korki
14. Keeduklaas
15. Kolb
16. Käärid
17. Metallstatiiv
18. Piirituslamp või gaasipõleti
19. Pipett
20. Portselankauss
21. Spaatel
22. Tiiglitangid
23. Tikud

II. Jaotusmaterjal eksperimentaalseteks töödeks ja vaatlusteks vajalikest ainetest.

A. Tahked ained.

1. Alumiiniumipulber
2. Alumiiniumilaastud
3. Magneesiumipulber
4. Magneesiumilint
5. Rauapulber
6. Raualaastud
7. Süsi
8. Tsingi granulaat
9. Vaselaastud
10. Väävliõis
11. Kaltsiumoksiid
12. Magneesiumoksiid
13. Plii(II)oksiid
14. Raud(III)oksiid
15. Vask(II)oksiid
16. Kaaliumhüdroksiid
17. Kaltsiumhüdroksiid
18. Naatriumhüdroksiid

19. Ammooniumkloriid
20. Ammooniumnitraat
21. Ammooniumsulfaat
22. Kaaliumkarbonaat
23. Kaaliumkloraat (Berthollet' sool)
24. Kaaliumkloriid
25. Kaaliumnitraat
26. Kaaliumpermanganaat
27. Kaaliumsulfaat
28. Kriit
29. Marmor
30. Naatriumkarbonaat
31. Naatriumkloriid
32. Naatriumsulfaat
33. Vask(II)hüdroksiidkarbonaat (aluseline vaskkarbonaat)
34. Vask(II)sulfaat
35. Naftaliin
36. Parafiin
37. Suhkur
38. Tärklis

B. Lahused.

1. Ammooniumhüdroksiidi lahus
2. Kaaliumhüdroksiidi lahus
3. Naatriumhüdroksiidi lahus
4. Lubjavesi
5. Lämmastikhape
6. Soolhape (kontsentreeritud)
7. Soolhape (lahjendatud)
8. Väävelhape (kontsentreeritud)
9. Väävelhape (lahjendatud)
10. Baariumkloriidi lahus
11. Hõbenitraadi lahus
12. Kaltsiumkloriidi lahus
13. Pliinitraadi lahus
14. Raud(III)kloriidi lahus
15. Vask(II)sulfaadi lahus
16. Fenoolftaleiini lahus
17. Lakmuse lahus
18. Metüüloranži lahus

III. Komplektid.

1. Metallid ja mittemetallid
2. Lämmastik-, fosfor-, kaalium- ja mikroväetised
3. Kütused
4. Metallide maagid
5. Metallid ja sulamid
6. Mineraalid ja kivimid

KASUTATUD KIRJANDUS.

Agur, U. Programmeeritud õpetamine ja õpetamismasinad. Tallinn, 1964.

Eesti NSV Haridusministeerium. Kaheksaklassilise kooli ja keskkooli programmid 1966—67. Keemia. Tallinn, 1966.

Elango, A. Õpilaste teadmiste kontrollimise metoodika küsimusi. Tallinn, 1967.

Karik, H., Prinkman, K., Ratassepp, V. Keemia VII klassile. Tallinn, 1966.

Karik, H., Prinkman, K., Ratassepp, V. Keemia VIII klassile. Tallinn, 1966.

Keune, H. Grundriss der allgemeinen Methodik des Chemieunterrichts. Veb Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1963.

Kivimets, K. Keemiakabinettidest ja nende olukorrast Eesti NSV keskkoolides. Diplomitöö. Tartu, 1965.

Meyendorf, G. Lehrübungsraum oder Schülerlaboratorium?, «Chemie in der Schule», 1960, nr. 7.

Netšajev, I. Jutustusi elementidest. Tartu, 1946.

NLKP Keskkomitee pleenumi otsused, juuni 1963. Tallinn, 1963.

NLKP Programm. Tallinn, 1961.

Palm, V. Vestlusi keemia vallast. Tallinn, 1965.

Ratassepp, V. Demonstratsioonilaud keemiaklassis. «Nõukogude Õpetaja», 1964, nr. 32 (8. aug.).

Ratassepp, V. 8-klassiliste koolide varustamisest keemiareaktiividega ja muude õppetööks vajalike vahenditega. «Nõukogude Kool», 1964, nr. 3.

Ratassepp, V. Kapid ettevalmistusruumis. «Nõukogude Õpetaja» 1964, nr. 36 (5. sept.).

Ratassepp, V. Kapid keemiakabinetis. «Nõukogude Õpetaja», 1964, nr. 27 (4. juuli).

Ratassepp, V. Teaduslik-ateistliku kasvatustöö arengu süstemaatilisuse suunas. «Nõukogude Kool», 1965, nr. 12.

Ratassepp, V. Õhupuhastus- ja tõmbekapp keemiaklassis. «Nõukogude Õpetaja» 1964, nr. 30 (25. juuli).

Saffian, K. Ein Arbeitsbrett für Schülerversuche. «Chemie in der Schule», 1960, nr. 3.

Tõldsepp, A., Tani, R. Õpetamisprogrammi koostamise küsimusi keemias. «Nõukogude Kool», 1965, nr. 11.

Unt, I. Õpilaste iseseisev töö tunnis. Tallinn, 1966.

Агеев, В. Г. Активизация учащихся в процессе обучения химии. «Химия в школе», 1966, № 3.

Бондарева, К. Г. Применение наглядных пособий при проверке знаний, умений и навыков учащихся. «Химия в школе», 1963, № 5.
Борисов, И. Н. Методика преподавания химии в средней школе. Учпедгиз, М., 1956.
Верховский, В. Н. Техника и методика химического эксперимента в школе, том I—II. Учпедгиз, М., 1959—1960.
Верховский, В. Н., Гольдфарб, Я. Л., Сморгонский, Л. М. «Методика преподавания химии в средней школе». Учпедгиз, М.—Л., 1934.
Выше уровень коммунистического воспитания в процессе обучения химии. Передовая статья журн. «Химия в школе», 1959, № 3.
Гаркунов, В. П., Малышкова, Г. А., Терещенко, О. Л. Об использовании картотек перфокарт при изучении важнейших классов неорганических соединений. «Химия в школе», 1966, № 2.
Глориозов, П. А. Уроки химии в VIII—X классах средней школы. Учпедгиз, М., 1958.
Глориозов, П. А. Опыт организации школьного кабинета химии. Учпедгиз, М., 1953.
Глориозов, П. А. Некоторые пути повышения эффективности уроков. «Химия в школе», 1966, № 2.
Глориозов, П. А., Клецева, Е. Р., Коробейникова, А. А., Савич, Т. З. Методика обучения химии в восьмилетней школе. «Просвещение», М., 1966.
Грабецкий, А. А., Парменов, К. Я. Учебное оборудование по химии. Учпедгиз, М., 1955.
Дубынин, Л. А. Химический кабинет средней школы. Изд-во АПН РСФСР, М., 1962.
Дубынин, Л. А. Краткое руководство по методике преподавания химии в седьмом классе. Учпедгиз, М., 1955.
Егоркин, В. Ф. Первые уроки химии в VII классе. «Химия в школе», 1966, № 4.
Егоркин, В. Ф. Уроки химии в VII классе. Учпедгиз, М., 1954.
Ефремов, А. Н. Атеистическое воспитание на уроках и внеклассных занятиях по химии. Учпедгиз, М., 1963.
Ефремов, А. Н. Взаимосвязь исторического и современного материала в атеистической работе на уроках химии. «Химия в школе», 1965, № 4.
Карелин, П. Н. Некоторые вопросы методики эвристических бесед. «Химия в школе», 1966, № 1.
Кирюшкин, Д. М. Методика преподавания химии в средней школе. Учпедгиз, М., 1952.
Кирюшкин, Д. М. Химия (учебное пособие для восьмилетней школы VIII класса). «Просвещение», М., 1964.
Котлярова, О. С. Учет знаний по химии. Просвещение», М., 1966.
Лапина, Р. П. Самостоятельная работа учащихся на уроках химии. «Химия в школе», 1963, № 3.
Левашов, В. И. Из опыта программирования обучения химии. «Химия в школе», 1966, № 3.

Левашов, В. И. Физико-химический кабинет в средней школе. Учпедгиз, М., 1959.
Матюкина, Н. Е. Изучение темы «Окислы, основания, кислоты, соли» в VII классе. «Химия в школе», 1964, № 1.
Новая школьная мебель. Изд-во АПН РСФСР, М., 1961.
Обязательный список учебно-наглядных пособий и лабораторного оборудования средней школы. Учпедгиз, М., 1950.
О преподавании химии в средней школе. Под ред. Л. А. Цветкова. «Просвещение», Москва, 1964.
О снабжении общеобразовательных школ химическими реактивами и лабораторной посудой. «Химия в школе», 1963, № 5.
Осовский, В. Н. Об использовании знаний учащихся по физике и математике на уроках химии в VII и VIII классах. «Химия в школе», 1962, № 2.
Павлович, С. А. Учебное кино на уроках естествознания. Учпедгиз, М., 1949.
Плетнер, Ю. В., Полосин, В. С. Практикум по методике обучения химии. «Просвещение», М., 1967.
Приказ Министерства просвещения РСФСР № 24, 5 февраля 1965, «Об утверждении норм годичной потребности химических реактивов и материалов для школ». Сборник приказов и инструкций Министерства просвещения РСФСР, № 8, 1965.
Приказ Министерства просвещения РСФСР № 443, 30 декабря 1964, «Об изменении порядка обеспечения школ химическими реактивами». Сборник приказов и инструкций Министерства просвещения РСФСР, № 3, 1965.
Савич, Т. З. Формирование понятия о химической реакции. «Просвещение», М., 1967.
Семеванов, М. П. Безопасность работ в химических лабораториях. Медгиз, М., 1954.
Таубе, П. Р., Зуденко, Е. М. От водорода до... «Высшая школа», М., 1964.
Тетерин, М. Л. О подготовке кабинета химии к началу учебного года. «Химия в школе», 1966, № 4.
Ходаков, Ю. В. Место темы «Валентность» в программе VII класса. «Химия в школе», 1966, № 3.
Фельдт, В. В. Некоторые приемы увеличения наглядности пособий по химии. «Химия в школе», 1962, № 4.
Фельдт, В. В. Рисунок в преподавании химии. Учпедгиз, М., 1963.
Фельдт, В. В. Техника и методика химического эксперимента в средней школе. Учпедгиз, М., 1949.
Фоулэ, Г. Лекционные опыты по химии. Учпедгиз, М., 1962.
Шаповаленко, С. Г. Методика обучения химии в восьмилетней и средней школе. Учпедгиз, М., 1963.
Шелинский, Г. И. Смирнов, А. Д. Методика обучения химии в восьмилетней школе. «Просвещение», М., 1965.

SISUKORD

I. Keemia õpetamise ja õppimise meetodeist 5

A. Sõnalised meetodid 8

1. Õppeaine suuline esitamine õpetaja poolt 8
2. Töö õpikuga 14
3. Töö lisakirjandusega 18

B. Näitlikud meetodid 23

1. Ainete demonstreerimine 23
2. Piltide, jooniste, tabelite ja mudelite demonstreerimine . 27
3. Õppefilmid 33
4. Demonstratsioonikatsed 37

C. Praktilised meetodid 42

1. Õpilaste poolt tehtav eksperiment 42
2. Harjutused 53
Valentsi leidmine valemites 54
Valemite koostamine valentsi põhjal 54
Keemiliste reaktsioonide võrrandite koostamine . . . 55
3. Ülesanded 58
Molekulmassi arvutamine 60
Elementide kaaluliste suhete arvutamine aine keemilise valemi põhjal 61
Elemendi hulga arvutamine aine hulga ja aine hulga arvutamine elemendi hulga põhjal 64
Ülesanded lahuste protsendilise kontsentratsiooni põhjal . 69
Ülesanded reaktsiooni võrrandite põhjal 72
4. Õpilase töö vihikuga 80

D. Programmeeritud õpetamine 85

II. Teadmiste kinnistamisest ja kordamisest 107

1. Kinnistamine ja kordamine uue õppematerjali õppimise käigus 108
2. Harjutustunnid 111
3. Kordavad tunnid 115
4. Kordamine õppeaasta algul ja lõpul 117
5. Eksperimentaalülesanded 119
6. Töö raudvaraga 128

III. Õpilaste teadmiste kontrollimise meetodeist 131

1. Õpilaste teadmiste kontrollimine kogu tunni vältel . . 133
2. Õpilaste teadmiste individuaalne kontrollimine 141
3. Kontrolltööd 147
4. Õpilase enesekontrolli võtetest 154

IV. Keemia kabinet ja selle sisustus 160

1. Ruumid 160
2. Vesi, gaas, valgustus ja ventilatsioon 161
3. Sisustus 166
4. Varustus 176
5. Kemikaalide säilitamine 178
6. Kujundus 181

V. Teemade «Ained ja nende muundumised» ning «Aine ehitus ja koostis» õpetamisest 7. klassis 183

VI. Keemiliste ühendite põhiklasside käsitlemisest 207

1. Teema käsitluse põhilised eesmärgid 207
2. Aluste käsitlemine 7. klassis 208
3. Hapete käsitlemine 7. klassis 213
4. Hapete käsitlemine 8. klassis 218
5. Õpilaste teadmiste kontrollimine ühendite põhiklasside käsitlemisel 223

VII. Teemade «Elementide perioodilisuse süsteem» ja «Aine ehitus» õpetamisest 8. klassis 225

Lisad 276

Kasutatud kirjandus 286

Лия Паавер, Юрий Вене. О МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ В ВОСЬМИЛЕТНЕЙ ШКОЛЕ. На эстонском языке. Художественное оформление О. Кяярик. Издательство «Валгус», Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

Toimetaja I. Pikas. Kunstiline toimetaja H. Keigo. Tehniline toimetaja A. Muna. Korrektorid H. Kull, S. Türn. Laduda antud 12. VIII 1969. Trükkida antud 21. XI 1969. Kohila Paberivabriku trükipaber nr. 2, 54 × 84/16. Trükipoognaid 18,25. Tingtrükipoognaid 15,33. Arvestuspoognaid 16,12. Trükiarv 2000. MB-09690. Tellimuse nr. 4822. Hans Heidemanni nim. trükikoda, Tartu, Ülikooli 17/19. II. Hind 54 kop.

54 kop.

A-30250

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00483833 2

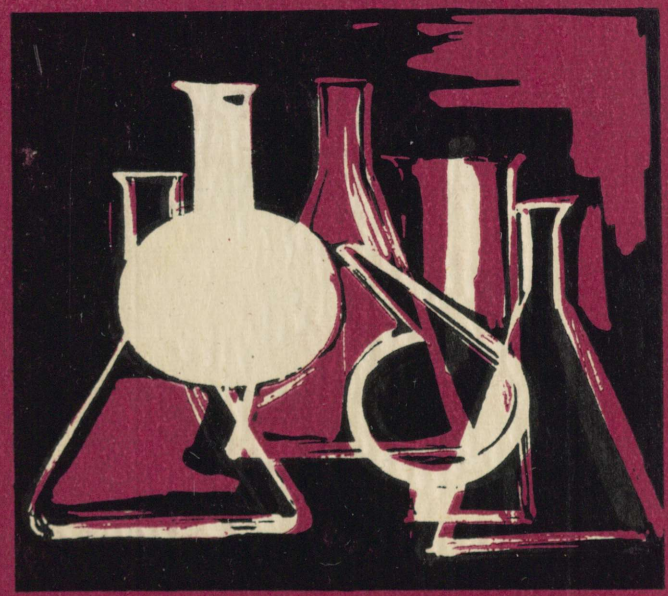
54 kop.

A-30250

TÜ RAAMATUKOGU
1 0300 00483833 2

KEEMIA ÕPETAMISE METOODIKAST

L. PAAVER J. VENE



KEEMIA ÕPETAMISE METOODIKAST 8-KL. KOOLIS