

Tartu Ülikool
Füüsika- keemiateaduskond
Füüsikalise keemia instituut

INGA PLOOMIPUU

**AATOMI E HITUSE JA KEEMILISE SIDEME TEEMA NING
SELLE OMANDATUS PÕHIKOOLI JA GÜMNAASIUMI
KEEMIA ÕPETUSES**

Magistritöö keemiahariduse erialal

Juhendajad:

TÜ Füüsikalise keemia instituudi dotsent LEMBI TAMM
TÜ Pedagoogika osakonna koolikorralduse lektor JÜRI GINTER

Tartu 2006

SISUKORD

1. SISSEJUHATUS	3
2. TEOREETILINE OSA	5
2.1 <i>Õpilaste kognitiivsete võimete areng ja keemiaõpe.....</i>	5
2.2 <i>Õppimisprotsess, mõtlemine ja keemiaõpetus.....</i>	8
2.2.1 <i>Õppimisteooriad ja nende rakendamine keemia õppimisel/õpetamisel</i>	8
2.2.2 <i>Mälu osa õppimisel.....</i>	10
2.2.3 <i>Väärarusaamade tekkest keemias.....</i>	11
2.2.4 <i>Õpetaja ja õppemeetodi roll keemia õppimisel.....</i>	14
2.2.5 <i>Õppe- kasvatustöö eesmärkide teooriad ja taksonoomiad</i>	16
2.3 <i>Teadmiste kontroll – testid ja testimine</i>	19
2.3.1 <i>Teadmiste kontrolli olulisus.....</i>	19
2.3.2 <i>Ainetestide koostamise põhimõtted</i>	20
2.4 <i>Suundumused ja tendentsid keemiaõppes.....</i>	23
2.5 <i>Aatomi ehituse ja keemilise sideme käsitus riiklikus õppekavas</i>	24
3. UURIMUSLIK OSA	26
3.1 <i>Uurimismetoodika kirjeldus</i>	26
3.1.1 <i>Uurimuse eesmärk ja meetod.....</i>	26
3.1.2 <i>Lõpptesti kokkupanek.....</i>	26
3.1.3 <i>Uuringu läbiviimine.....</i>	30
3.2 <i>Tulemused ja arutelu</i>	30
3.2.1 <i>Põhikooli tulemused ja arutelu.....</i>	30
3.2.1.1 <i>Põhiuuringu kokkuvõte</i>	31
3.2.1.2 <i>Põhikooli põhiuuring küsimuste kaupa</i>	32
3.2.1.3 <i>Põhiuuringu võrdlus paralleelklassidega</i>	39
3.2.2 <i>Gümnaasiumiosa tulemused ja arutelu</i>	40
3.2.2.1 <i>Põhiuuringu kokkuvõte</i>	40
3.2.2.2 <i>Põhiuuring küsimuste kaupa</i>	41
3.2.2.3 <i>Põhiuuringu võrdlus paralleelklassidega</i>	50
3.3 <i>Gümnaasiumi ja põhikooli tulemuste võrdlus</i>	51
3.3.1 <i>Gümnaasiumi ja põhikooli võrdlus</i>	51
3.3.2 <i>Gümnaasiumi ja põhikooli tulemuste võrdlus sarnaste küsimuste lõikes.....</i>	51
3.3.3 <i>Lisaküsimuste võrdlus</i>	53
3.4 <i>Intervjuud.....</i>	55
3.5 <i>Antud testi täitmisega seonduvaid võimalikke probleeme</i>	62
4. KOKKUVÕTE	65
SUMMARY.....	68
KASUTATUD KIRJANDUS.....	70
LISAD.....	73

1. SISSEJUHATUS

Tänapäeva kiirelt muutuvast infoühiskonnas pole ilmselt võimalik anda koolis kõiki eluks vajalikke teadmisi. Kooli ülesandeks oleks seega pigem põhiteadmiste andmine ja oskuse kujundamine ennast ise arendada ja leida vajalikku infot. Tänapäeva inimesel peaks olema ka oskus näha, mida tema tegevus kaasa toob – põhjuse ja tagajärje seostamise oskus. Nii paradoksaalne kui see ka pole, oleks aatomi ehituse ja keemilise sideme seoste nägemine üks sellise oskuse omandamise alustalaid. Keemia tundmine aitab meil sügavamalt aru saada ümbritsevast maailmast ja selle seaduspärasustest, keskkonnast, mis meid ümbritseb. Eriti oluline on keemia tundmine neil aladel, mis on seotud loodusega ja inimese tervisega. Et kõike seda mõtestatult omandada ja osata igapäevaelus rakendada on vaja aru saada aatomi ehituse ja keemilise sideme põhimõtetest.

Aatomi ehitusest ja aatomite vastastikmõjust sõltub nendevahelise keemilise sideme iseloom. Aine omadused (sulamistemperatuur, keemistemperatuur, kõvadus, elektrijuhtivus, keemiline aktiivsus jpt.) sõltuvad keemilise sideme iseloomust aines. Aatomi ehituse ja keemilise sideme põhimõtete mõistmine võimaldab õpilasel teha järeldusi ainete keemiliste ja füüsikaliste omaduste kohta ja ennustada ette ainetega toimuvaid protsesse. Sel teel on võimalik vähendada faktiteadmiste õppimist ja arendada üldisema arusaamise kujunemist keemias. Aatomi ehitusele toetub keemilise sideme teema, sellest tulenevad järeldused ainete ehituse, omaduste ja keemilise aktiivsuse kohta.

Kui aatomi ehituse ja keemilise sideme teema on põhikoolis korralikult omandatud, on võimalik sellele üles ehitada ka hilisem arusaamine ainete omadustest ja ainetega toimuvatest keemilistest reaktsioonidest.

Käesoleva uurimuse eesmärgiks on teada saada kui hästi on õpilased omandanud aatomi ehituse ja keemilise sideme teema ning mil määral need teadmised ajas muutuvad.

Uurijaid huvitasid järgmised küsimused:

- 1) kas uuritavate testitulemused muutuvad ajas ja millises suunas?;
- 2) kas mitmekordne testimine mõjutab õpilaste testitulemusi?;

- 3) kas õpilaste hinnang testi raskusele on seoses testitulemusega?;
- 4) miks test tundus raske - milliseid põhjuseid ja vabandusi õpilased välja toovad?

Uurimiseks kasutati kvantitatiivset testimismeetodit. Lisaks üritati testi ennast hinnata lisauuringutega ning viidi läbi ka intervjuusid põhikooli- ja gümnaasiumiõpilastega, üliõpilastega ning teiste erineva taustaga inimestega. Kokku viidi läbi neli põhiuuringu testivooru (samade õpilastega) viies koolis. Lisauuringuna uuriti kahes koolis ka paralleelklasse ning üks voor ka viies uues koolis, et võrrelda koolide tulemusi.

2. TEOREETILINE OSA

2.1 Õpilaste kognitiivsete võimete areng ja keemiaõpe

Keemiaõppe eesmärgistamisel tuleb silmas pidada mitmeid aspekte - õpilaste üldiseid isikuomadusi ja kognitiivse arengu taset, õppe-eesmärkide psühholoogilist aspekti (õppe-eesmärkide taksonoomiaid). Õpilaste isikuomadusi saavad täpsemalt silmas pidada küll ainult õpilasi isiklikult tundvad õpetajad, kuid kognitiivse arengu taset tuleb arvestada ka riikliku õppekava planeerimisel. [1]

Jean Piaget' teooria kohaselt on kognitiivse arengu põhietappe neli: sensomotoorse arengu staadium (lapse sünnist 1,5-2 aastani); operatsioonide-eelne aste (1,5-2 aastast 7 aastani); konkreetsete operatsioonide aste (7-12 eluaasta) ja formaalsete operatsioonide periood (alates 12. eluaastast). Keemiaõpetuse seisukohalt on sisuliselt olulised konkreetsete operatsioonide aste ja formaalsete operatsioonide aste. [1,2]

Mõned alternatiivsed Piaget' käsitlused jagavad arenguetapid ka kolme põhistaadiumisse. Sensomotoorse arengu staadium kestab sünnist kuuni kahe aastani. Konkreetsete operatsioonide staadium (2 aastast 11. aastani) jaguneb omakorda kolmeks: operatsioonide-eelne tasand (2.-5. eluaasta), konkreetsete situatsioonide esimene tasand (5./6. eluaastast 7./8. eluaastani) ja konkreetsete operatsioonide teine tasand (8.-11. eluaastani). Kolmas staadium on siingi formaalsete operatsioonide staadium (11./12. – 14./15. eluaastani). [3]

Konkreetsete operatsioonide perioodil areneb lastel täiuslikum mõtlemisvõime. Sel arenguperioodil hakkavad lapsed üha enam vabanema enesekesksusest ja nägema sündmuste põhjuseid väljaspool iseennast. Konkreetsete situatsioonide esimesel tasandil suudab õpilane juba objekte tunnuste järgi reastada ja klassifitseerida. Aja, kiiruse ja põhjuse/tagajärje tunnetus ning mõistmine areneb lapsel alles konkreetsete operatsioonide tasandil. [1,3]

Formaalsete operatsioonide periood on vastavalt Piaget' teooriale vaimsete võimete arengu lõppaste. Formaalsete operatsioonide astmel suudab õpilane tajuda abstraktseid seoseid, läheneb probleemidele kavakindlalt ning mõtlemine omandab deduktiiv-hüpoteetilise iseloomu. Kui varem suudeti mõelda vaid konkreetse maailma termineis, siis sellel arenguastmel ollakse võimelised opereerima ka võimalikkuse ja tõenäosuse, tuleviku, õigluse, väärtuste jm. kategooriates. Alles nüüd areneb õpilasel välja ka loogiliste seoste loomise võime. [1,3]

Piaget' jäävusmõistete teooria uurib aine koguse, massi ja ruumala jms. mõistete kujunemise ligikaudseid perioode lastel ning selle teooria kohaselt on keskmine laps võimeline aru saama massi ja ruumala mõistest alles 7 - 12 eluaastal. [1]

Väidetavasti jääb suur osa inimesi konkreetsete operatsioonide tasemele ning ei suuda kogu oma elu jooksul hüpoteetilist mõtlemisviisi omandada. [1] Mõnedel andmetel pole koguni 50-60% 18-20-aastastest noortest jõudnud formaalsete operatsioonide tasemeni. [4] Piaget' erinevate katsete rakendamisel täiskasvanutele on samuti ilmnunud, et paljudel on formaalseid operatsioone nõudvaid lahendusi raske leida. [5] Siinjuures on palju vaieldud selle üle, kas äkki testmeetodid ei olnud liialt keerulised, ning tulemused seega eksitavad. [4]

Piaget' kritiseerijad peavad tema teooriat liiga kitsapiiriliseks ning kahtlevad tema uurimismeetodites, kuid siiani on see jäänud juhtivaks teooriaks inimese kognitiivse arengu käsitlemisel. Piaget' järgsed astmeteteooriad leiavad, et kognitiivne areng ei piirdu formaalsete operatsioonide taseme saavutamisega, ning et ka seesama formaalsete operatsioonide tase jaguneb mitmeteks vaheastmeteks. [1] Kritiseerijad väidavad ka, et arenguastmeid kui selliseid ei ole otstarbekas eristada – olenevalt kontekstist on lapsed võimelised palju komplekssemaks mõtlemiseks kui arengutase lubaks. [4] Mitmed teadlased leiavad, et mõtlemise arengus on tarvis alati arvestada konteksti ja kultuuri. See tähendab, et mõtlemise arengut mõjutab suurel määral ka keskkond ja elukorraldus. Piaget' teooria seda ei arvesta ning jääb liialt elukaugeks. [5] Sellegipoolest on juhtivaks arenguteooriaks, millest lähtutakse ikkagi Piaget' teooria. [1,6]

Paljud teisedki teadlased on välja töötanud erinevaid arenguteooriaid – näiteks L Vögotski tegeles verbaalse arenguga, ning leidis, et kõrgemad vaimsed protsessid põhinevad verbaalsel järeldamisel, mis areneb kiiresti just teismeeas. D. Keating leidis, et alles teismeeas areneb välja võime oma õppimist teadvustada ja ise juhtida (metakognitsioon, metatunnetus). [5]

Tiit Lukki pakub välja oma käsitluse arenguteooriatest. Õpilase kooliaegne areng seostatakse vastaval perioodil domineerivate küsimustega: mis, kuidas, miks ja milleks. Eelkoolieas ja algkoolis on õpilane nn *esimese uudishimu perioodis*, kus ta avastab maailma objektikeskselt esitades küsimuse „mis“. Põhikoolis asub õpilane nn *teise uudishimu perioodi*, kus ta hakkab avastama asjade omadusi (küsimus: „kuidas see on tehtud“). Gümnaasiumiosas jõuab õpilane nn *kolmanda uudishimu perioodi*, mis on põhjus-tagajärg seoste tundmaõppimise ja intellektuaalsete võimete kiirendatud väljaarenemise periood. Sellel perioodil domineerib küsimus: miks see nii on? Nn *neljanda uudishimu perioodil*, kõrgkoolis, domineerib küsimus „milleks seda vaja on“. Sellise arenguteooria parimaks rakenduseks võiks olla vastavalt õpilase uudishimule talle ka probleeme pakkuda ning mitte sellele vastu tegutseda. Vastavalt õpilase arengule tuleks kasutada erinevaid õpi/õpetamisviise – näiteks gümnaasiumis probleemõpet (küsimus: miks?, kas?) ja rakendus- ehk oskusõpet (küsimus: milleks?). [7]

Tihti peale nurisetakse selle üle, et paljud teemad loodusõpetuses ja keemias on korduvad ja mitmeid teemasid võetakse sisuliselt läbi mitmeid kordi - ka aatomi ehituse õppimine algelisel tasemel toimub juba loodusõpetuse kursuse raames ning uuesti 8. klassis ja 10. klassis. Ühest küljest räägitakse sellise üleõppimise positiivsusest, kuna teadmised kinnistuvad paremini, kuid kritiseerijad viitavad ajaraiskamisele ja sellele, et õpilastel on kalduvus juba tuttavast temast kuuldes võtta seisukoht, et "seda ma juba tean" ja nad ei pööra teema uutele aspektidele tähelepanu. Piaget' jt arenguteooriate valguses on selge, et kõike tuleb õpetada vastaval arenguperioodil - on mõttetu õpetada neljanda klassi õpilasele, kes on oma arengult alles konkreetsete operatsioonide perioodi alguses abstraktseid mõisteid nagu keemiline side ja elektronitihedus. Seepärast tuleks lapse kognitiivse arengu tasemeid võtta tõsisemalt arvesse ka riikliku õppekava koostamisel.

2.2 Õppimisprotsess, mõtlemine ja keemiaõpetus

2.2.1 Õppimisteooriad ja nende rakendamine keemia õppimisel/õpetamisel

Õppimist käsitletakse sageli kohanemisena ümbritsevaga – selleks tuleb kas muuta oma olemasolevaid mõtteskeeme, et need sobiksid olukorraga, või muuta ümbritsevat. Enamasti tähendab õppimine siiski oma skeemide muutmist vastavalt uuele olukorrale või uuele informatsioonile. Õppimise tulemus võib väljenduda muutunud käitumises. Õppimine võib olla tahtlik või tahtmatu. Tahtliku õppimise puhul püüab õppija teadlikult omandada teadmisi või oskusi. Tahtmatu ehk kaasneva õppimise korral on õppimisprotsess teadvustamata, kuid sel viisil omandatakse suurem osa teadmisi ja oskusi ning mitte kõik neist ei ole tavamõistes positiivsed. [1,8]

Levinumaid õppimisteooriaid võib jaotada erinevatesse kategooriatesse – mille seast tuntuimad on biheivioristlikud ja kognitiivsed. Biheivioristlikud teooriad käsitlevad õppimist kui reageerimist välisärritajatele. Kognitiivsed teooriad käsitlevad inimese sisemist huvi õppimise motivaatorina. Kognitiivsete õppimisteooriate hulka kuuluvad ka konstruktivistlikud õppimisteooriad. [6]

Lisaks on olemas veel sotsiaalne õppimine. Sotsiaalne õppimine on õppimine jäljendamise teel õpetajalt, vanematelt ning kaasõpilastelt - õpitakse vanemate, sõprade, õpetaja käitumist jälgides, mõnikord jäljendades ja analüüsid. Siin on väga olulised ümbritsevate inimeste hoiakud. Sotsiaalne õppimine on enamasti mittetahtlik ja ka õpetaja või kaaslased ei pruugi sellest teadlikud olla. Õpitakse ka õpetaja alateadlikest hoiakutest – näiteks suhtumine oma ainesse, kehakeel jms. [1,8]

Keemia kui hierarhiliselt üles ehitatud loodusteaduse õppimisel nimetatakse kõige sagedamini konstruktivseid õppimismudeleid. [8,6] Konstruktivistlikud õppimisteooriad väidavad, et uued teadmised ehitatakse üles (konstrueeritakse) eelteadmiste vundamendile ja ka nende eelteadmiste valguses. Konstruktivismi eri suunad käsitlevad teadmiste omandamist omakorda erinevalt. Ühest küljest, empiristlik suund käsitleb inimteadvuses formeerunud teadmisi kui reaalse maailma peegeldust. Teisest küljest, ratsionalistlik

lähenemine väärtustab vaid neid teadmisi ja konstruktsioone, mille õpilased on ise loonud (avastusõpe) ning õpetaja ei saa esitada kindlaid tõdesid, vaid ainult õpilast suunata kasulike arusaamade loomisel. [1]

Ka konstruktivistlik õppimine omab sotsiaalset komponenti – kaasõppuriga suhtlemine mõjutab informatsiooni, mille õppur omandab. Õpilase isiklikule õppematerjali tajule lisanduvad ka veel kaaslaste kujutlused, samas võidakse märgata midagi olulist, mis on seni kahe silma vahele jäänud, ning sunnib õpilast analüüsima ja edastama õpitut.

Geštaltpsühholoogid väitsid, et see mida inimene tajub on sõltuvuses tema teadmiste ja maailmatunnetusega. Inimteadvus muudab väliskeskkonnast saadavat infot vastavalt sellele, mis tema ettekujutusega paremini sobib. Võõras informatsioon jäetakse sageli kujutlusest välja või moonutatakse. [1] Nii geštaltpsühholoogide lähenemine kui ka konstruktivistlikud õppimisteooriad ütlevad seda, et õpetamine ei ole võrdne õppimisega - inimese poolt tajutu ei ole reaalselt vastuvõetud informatsiooni koopiat. (vt. ka ptk 2.2.3) [10]

Õppimise, ja eriti keemia õppimise juures on oluline ka õpitu *ülekanne*. See on õpitu rakendamine uutes olukordades. Ülekanne on tihti edukas, kui situatsioon, milles õpitud tuleks rakendada, on tuttav või sarnane sellele, mille abil informatsioon omandati. Kui õpitud on tarvis rakendada uudses olukorras (lahendada pisut teistsugust ülesannet, või läheneda probleemile teise nurga alt), pole õpilased tihti suutelised seda tegema – see näitab ülekanne kontekstuaalset iseloomu. [1]

Mõned uuringud näitavad, et ka lapsed on mõnikord võimelised argumenteerima nagu teadlased. Samas jäävad täiskasvanud teatud olukordades ka lihtsaimate keemiliste protsesside seletamisega hätta. Siin võiks jälle kritiseerida Piaget' arenguteooriat, kuid pigem on tegemist õpitu ülekanne kontekstuaalse iseloomuga. Teisest küljest ei tarvitsenud need täiskasvanud lihtsalt teada keemia põhiseisukohti. [11]

2.2.2 Mälu osa õppimisel

Mälutüüpe võib jaotada kaheks – mehaaniline mälu ja assotsiatiivne mälu. Hea mehaaniline mälu ehk lihtne faktide (ka seosetute) meeldejätmisoskus on vaid vähestel inimestel (u 1/5) ja see nõrgeneb vananedes. Assotsiatiivne mälu põhineb seoste loomisel uue info ja varem meeldejäetu vahel. [12]

Meelde jätmist võib kirjeldada kolmeastmelise mudeli abil. Esiteks satub informatsioon sensoorsesse registrisse - nägemine, kuulmine, kompamine, kus see püsib vaid kuni pool sekundit. Selleks et informatsioon üldse mällu liiguks, on inimesel tarvis seda meelte kaudu tajuda ja ka märgata. Mõned väliskeskkonna stiimulid käivitavad inimeses orienteerumisrefleksi, mis omakorda tekitab huvi. Edasi liigub informatsioon lühiajalisse mällu, kus toimub juba informatsiooni töötlus ja see teadvustatakse. Lühiajalises mälus püsib info 15-30 sekundit. Lühiajalisest mälust liigub vajalik informatsioon pikaajalisse mällu, kus informatsioon organiseeritakse kas hierarhiliselt või skeemidena. Just pikaajalisse mällu talletamisel – seoste või hierarhiate loomisel, tõlgendab inimene meeldejäetavat infot varasemate teadmiste või skeemide valguses. Mälu on kontekstuaalse iseloomuga, mis tähendab, et sarnases situatsioonis „tulevad meelde“ selle situatsiooniga seotud infokillud. Tundes mälu assotsiatiivset iseloomu, on võimalik seda ära kasutada, rakendades paremaks meeldejätmiseks mitmesuguseid mnemotehnikaid. [1,8]

Ka mälu protsesse käsitletakse assotsiatiivsetena – hästi jääb meelde informatsioon, mida on võimalik juba olemasolevatesse mäluskeemidesse seostada ja sobitada. Samas töödeldakse informatsiooni juba olemasolevate struktuuride taustal ning lõppkokkuvõttes on see, mis mällu kinnistub küllaltki erinev sellest informatsioonist, mis esialgu vastu võeti. Eriti erineb interpreteeritu esialgsest infost sellisel juhul, kui on tegemist harjumuspärasest väga erineva infoga või lühiajalise õpiajaga. Kui õppematerjal ei seostu kuidagi varasemate teadmistega, siis tundub ta tihti mõttetu ning ei jää meelde. Juba informatsiooni omandamisel on tunnetusprotsess selektiivne ja oleneb õppimise konkreetsest otstarbest – kindlasti erineb kontrolltöö-hirmus tuubitud info hiljem samast allikast sisemise huvi ajal saadud infoga. [1,8]

Unustamine on samuti üks õppeprotsessi osa. Mehaaniliselt pähe õpitu, mida pole seostatud, ununeb esimeste minutite jooksul. 24 tunni möödudes ununeb üle 50% õpitust. Ununemine pole küll täielik - pikaajalises mälus on õpitu mingil kujul alles, kuid selle kättesaadavus raskeneb oluliselt. Oma osa on siin ka uuema info mõju. Teisalt on mõningane „unustamine“ vajalik info kinnistumiseks ja selleks, et soodustada õpitu ülekannet ja üldistamist. [1,12]

2.2.3 Väärarusaamade tekkest keemias

Konstruktivistlik õppimisteooria ja geštaltpsühholoogia arusaamad annavad selgituse ka väärarusaamade tekkeks – õpilased töötlevad uut infot selliselt, et see sobiks juba olemasolevatesse konstruktsioonidesse. [6]

Võimalusi väärarusaamade tekkeks pakuvad veel ka liigne üldistamine ja ülekanne (teatud mudeli või teadmise rakendamine sarnastes uutes situatsioonides) kus varasemat skeemi või mudelit tegelikult üldistada või üle kanda pole võimalik – negatiivne ülekanne. Sellel juhul üritab õpilane allutada õpitud reeglile ka erandlikud näited – näiteks leiab, et elavhõbedas puudub metalliline side, kuna elavhõbe on vedel või levinud arusaam, et vesinikuaatom on tüüpiline aatom. [3,8]

Väärarusaamade tekkele võivad viia ka õppuri individuaalsed iseärasused – tema vaimsed võimed, temperamenditüüp ja kognitiivne stiil. Kognitiivne stiil näitab kuidas inimesed informatsiooni tajuvad ja ülesannetele lähenevad – kas keskendutakse detailidele või olulistele üldtunnustele, kas probleemile lähenetakse kiirelt ja impulsiivselt või aeglaselt ja kaalutletult, milliste tunnuste (sisemiste või välimiste) alusel objekte liigitatakse, kas ollakse globaalse või analüütilise tajustiiliga (väljast sõltuvad või väljast sõltumatud). [1,8]

Seega peaks õpetaja väärarusaamade tekke ära hoidmiseks suutma arvestada ja jälgida õpilase individuaalseid iseärasusi, tema arengut, sotsiaalse õppimise võimalust (jälgida eelkõige oma isiklikku suhtumist ja käitumist, ka alateadlikku), õpilase varasemaid kogemusi ja teadmisi, õpilase kaaslaste varasemaid teadmisi ja kogemusi, tekitama õpilases huvi ja motivatsiooni ning selgitama, seostama ja suunama õpilast õigetele järeldustele. Samas tuleb pidevalt jälgida, kuidas õpilane on õpitavast aru saanud.

Õpilaste (hetkel valdavatest teaduslikest seisukohtadest erinevaid arusaamu ja selgitusi eri nähtuste kohta) on inglise keeles kutsutud mitmeti – *misconceptions*, *alternative conceptions*, *naive conceptions*, *common sense knowledge*, *spontaneous knowledge*, *naive beliefs*, *erroneous ideas*, *preconceptions* jms. [13,14] Enamasti eelistatakse siiski terminit *misconceptions*, kuid mõned autorid jälle üritavad seda vältida ning kasutada terminit *alternative conceptions*. [15] Eesti keeles on erinevad autorid kasutanud väärmõistete ja väärarusaamade mõisteid. Väärarusaamad oleks siiski enamlevinud ning täpsem termin. Väärarusaamad on oluline faktor, mis mõjutab õppimist. Väärarusaamad võivad olla tekkinud juba enne formaalse haridustee alustamist või tekkida igal õpingute etapil. [14]

Gayle Nicoll [16] on läbi viinud uurimuse väärarusaamadest keemiat õppivate tudengite hulgas Texase Ülikoolis, keskendudes eelkõige keemilise sideme, elektronegatiivsuse ja elektronide teemadele. Uuring viidi läbi 56 üliõpilasega, kasutades intervjuu – vormi. Uuritavatelt küsiti viis küsimust mis hõlmasid üliõpilase ettekujutust keemilisest sidemest, Lewis’*e* mudelist ja molekuli ning molekulis ja molekuliga toimuvate protsesside ettekujutamisest formaldehüüdi näitel. Tulemuseks sai uurija, et kõikidel uurimuses osalenud tudengitel on vähemalt üks väärarusaam keemilise sideme teemal. Samuti leidis autor, et enamik väärarusaamadest on väga püsivad ning nende muutmine on väga raske isegi süvendatud keemiaõppega. Kuna üliõpilased on ilmselt edukalt läbinud eelnevad keemiakursused keskkoolis, mõistmata täielikult keemia põhimõisteid nagu keemiline side – teeb ta ettepaneku ka keemia õpet muuta ja tõhustada, keskendudes just keemia põhiküsimustele.

Demircioglu, Özmen ja Ayas uurisid Türgis teise kursuse üliõpilaste arusaamu happe ja aluse mõistest, ning leidsid, et tudengitel on säilinud mitmeid suhteliselt naiivseid väärarusaamu (näiteks: „Happed sulatavad ja hävitavad metalle“, „Neutralisatsioonireaktsioonil tekkinud soolalahuse pH on neutraalne“ või „Kõik alused on kahjulikud ja mürgised“) vaatamata teemade käsitlemisele loengutes. Uurijad leiavad kokkuvõttes, et need väärarusaamad on väga püsivad ja mõjutavad edasist õppimist ning et need tuleks enne õpetamist kindlaks teha ning arvesse võtta. [13]

Schmidt ja Volke [15] otsisid väärarusaamade põhjuseid ning leidsid, et õpilased loovad tihti peale oma teooriaid vastavalt neile kättesaadavale informatsioonile. Näiteks levinud arusaam, et igal happe ja aluse vahelisel reaktsioonil (neutralisatsioonireaktsioonil) tekkiv lahus on neutraalne (sama väärarusaam on välja toodud ka teiste autorite töödes) - neutralisatsioonireaktsiooni termin on tulnud ladinekeelsest sõnastr *neuter*, mis viitab sellele, et kumbki komponent ei jää alles peale reaktsiooni.

Autorid leidsid, et paljud väärarusaamad tulenevad keemiamõistete ja -teooriate ajaloolisest arengu mittemõistmisest, lähtudes varasematest, tänapäevaks edasiarendatud või kõrvalejätud kontseptsioonidest, näiteks Lavoisier' arusaam oksüdatsioonist kui reaktsioonist, kus element kombineerub hapnikuga ja moodustab oksiidi ja reduktsioonist kui reaktsioonist, kus hapnik eemaldatakse (see on tihti ka kooliõpetuses esimene selgitus oksüdatsioonireaktsioonile). Samuti võib leida väärarusaamade põhjuseid nooremate klasside keemiakursustes, kus sedasama oksüdatsioonireaktsiooni selgitatakse elemendi oksüdatsiooniastme muutuse kaudu. Tänapäeva keemias selgitatakse redoksreaktsiooni hoopis elektronide üleminekuga ühe osakese juurest teise juurde.

Teine näide, kus õpilaste väärarusaamad olid selgelt seotud ajalooliste teooriatega oli see, et paljud uuritavad ei soostunud pidama alusteks midagi muud kui OH^- ioone. Õpilastele oli Arrheniuse teooria nii hästi kinnistunud, et nad olid kombineerinud Brønstedti teooria hapete ja aluste kohta Arrheniuse teooriaga (Arrheniuse teooriast võtnud definitsiooni, et alus on aine, mis annab lahusesse OH^- - ioone ja Brønstedti teooriast selleosa, et alus on aine mis seob prootoneid).

Kokkuvõtteks leidsid autorid, et enamik uuritavaid (gümnaasiumiastme õpilased) on püüdnud teha endast parima, et keemiast omamoodi aru saada ning oskasid oma väärarusaamu ja -teooriaid õigustada ja põhjendada ning seetõttu ei tohiks neid tegelikult sildistada väärarusaamadeks vaid alternatiivseteks arusaamadeks (kasutada terminit *misconceptions* asemel *alternative conceptions*). Selliseid alternatiivseid arusaamu tuleks tähele panna ning õpetamisel õigete arusaamade kujundamisel kasutada. [15]

Barker ja Millar [17] uurisid Ameerika 16-18- aastaste A-taseme keemia erihuviga õpilaste arusaamu keemilistest reaktsioonidest ning leidsid, et enamus õpilastest said massi

jäävuseesadusest suletud ja avatud süsteemides aru, kuid oluline osa õpilasi ei suuda selgitada massi jäävuse seadust juhtudel kui tekib gaas või kus aine lahustub või laguneb ioonideks. Põhjendustest nähtub, et õpilased ajavad segamini massi ja tiheduse, arvates, et gaasiline aine kaalub vähem kui vedel ning tahked ained on raksemad kui vedelikud. Autorid soovivad enne keemiakursuse alustamist teha diagnostiline küsitlus või test, et taolised väärarusaamad välja selgitada, kuna õige lähenemise puudumisel kipuvad need olema väga püsivad.

Schoultz ja Hultman [18] uurisid reaalteaduste õpetamist algkoolis. Uuritavates Rootsi koolides õpetati reaalteadusi aktiiv- ja avastusõppe meetoditega (õpilastele esitati probleemülesanded, kus oli vaja mingi käeline ülesanne teostada või jälgida mingit seadet või otsida vastuseid küsimustele ning ise järeldused formuleerida). Uurijad leidsid, et paljude ülesannete juures, mis olid koostatud õpilaste jälgimis-, analüüsimis- ja arutlemisoskuste arendamiseks põhimõttel, et õpilased ISE avastaks ja õpiks, takerdusid õpilased ülesande teostusse (näiteks üritasid juhendi järgi seadet töökorda sättida või aru saada, mida pidi tegema) jõudmata ülesande tõelise tuumani. Õpetaja oli seejuures vaid suunaja või jälgija. Autorid leiavad, et õpetaja rolli loodusteaduse õpetamisel ei tohi taandada tuutori ülesanneteni. Õpetaja peab jääma aktiivseks ja aitama õpilasel jõuda ülesannete tuumani. Tema ülesanne on ka aidata õpilasel saadud teadmisekillukesi tervikuks kokku siduda või mõista, kuidas antud ülesanne või teadmine temaga sobitub. Selle tegevusega saab õpetaja vältida võimalikke probleemülesannete väärtõlgendusi, mis võivad kinnistuda väärarusaamadeks

Õpilaste väärarusaamad võivad kujuneda nii enne kooli astumist kui ka kooli ajal. Väärarusaamade tekkes on oma osa õpilase individualsetel iseärasustel, õppimisprotsessil, kodul, sõpruskonnal, kultuurikeskkonnal – kõigel, mis võib mõjutada õpilase tõekspidamisi.

2.2.4 Õpetaja ja õppemeetodi roll keemia õppimisel

Paljud tänapäevased õppimisteooriad väidavad, et õpetaja peaks olema pigem soodsa õpikeskkonna looja kui otsene teadmiste andja. [12] Teisalt leiavad mitmed autorid, et sellise kompleksse õppeaine nagu keemia õpetamisel ei piisa sellest, kui õpetaja on vaid

suunaja rollis. Mitmed uuringud toovad välja, et õpetaja roll keemiateadmiste süstematiseerimisel ja väärarusaamade tekke ära hoidmisel on palju suurem, kui me arvata oskame – ei piisa sellest kui õpetaja on vaid juhendajaks õpilase iseõppimise teel. [16,18]

Õpetaja on sotsiaalse õppimise allikas – õpilased jälgivad ja jäljendavad õpetaja hoiakuid ja käitumist. Seega, kui õpetaja oma ainesse ise entusiastlikult ja innustunult suhtub, jääb selline suhtumine enamasti ka õpilastele külge. Kui õpetaja aga oma ainet vastumeelselt õpetab, on kindel, et õpilaste õpimotivatsioon langeb. Väga oluline on õpetaja eeskuju ka probleemide ja ülesannete lahendamisel. Õpilased võtavad tihti üle õpetaja lähenemise probleemile. [1]

Õpetaja ootused õpilase soorituse kohta on samuti üheks faktoriks õpilase õpiprotsessis. Kui õpetaja ootab õpilaselt head sooritust, on õpilase tulemused ka paremad. [1,19]

Keemiaõppes on ülimalt oluline leida tasakaal faktide õpetamise ja õpilaste arengu suunamise vahel. Väärarusaamade tuvastamiseks ja korrigeerimiseks on oluline kuulata, mida õpilased arvavad. Mõnikord ei ole ka teemade loogilises järjestuses esitamine (mis õpetajale tundub ainuvõimalik) õpilasele parim. Alati ei ole mõistlik alustada õpetamist nn juure tasandilt, andes õpilasele põhiteadmised, mis võiksid teda aidata probleemide lahendamisel vaid alustada probleemist ning jõuda põhiteadmisteni järk järgult probleemi lahates (seda saab aatomi ehituse õpetamisel edukalt rakendada. [9,20]

A. H. Johnstone leiab, et keemia õpetamisel tuleks lähtuda mitte meile, õpetajatele sobivast loogilisest lähenemisest, vaid õppimise iseloomust tulenevast psühholoogilisest lähenemisest. [20] Keemiat tuleks õpetada pidevalt kolmel tasandil – makrotasandil (käega katsutavad objektid), mikrotasandil (aatom, molekul) ja sümbolite tasandil (matemaatilised mudelid, keemia keel), neid tasandeid õppe käigus pidevalt seostades. [20,21]

Õpilaste vähesed seostamisoskused ning hulgaliste väärarusaamade teke aatomi ehituse ja keemilise sideme teema mõistmisel ei ole niivõrd õpilase arengutaseme ega visualiseerimisvõime puudujääk, kuivõrd vähesed instrueerimise tulemus. Seega peavad

õpetajad pühendama rohkem aega mõistete seostamisele, aruteludele, õpilastega suhtlemisele. [22, 20]

Õppimise teadvustamiseks, teadmiste konstruktsiooni täiendamiseks ja seoste loomiseks mõistete vahel soovitatakse ka keemias jt. loodusainetes kasutada mõistekaarte (keskse mõiste ümber joonistatakse selle mõistega seotud mõisted ning seostatakse need omakorda omavahel joonte või nooltega, vajadusel lisatakse selgitusi) ja nende joonistamist (*mind map, concept map*). Selliste mõistekaartide joonistamine aitab õpetajal tuvastada õpilase väärrarusaamade päritolu. [23] Lisaks mõistekaartidele kasutatakse ka mõisteahelaid (omavahel seonduvad mõisted, faktid või ideed reastatakse loogilises järjekorras) ning seda ka õpilaste teadmiste kontrolliks. Mõisteahelate kasutamine testide asemel kõrvaldab testimise mitmed vastuargumendid – juhuslikkuse ja selle, et testidega ei saa mõõta õpilase kontseptuaalse arusaamise taset ega mõtlemisprotsessi.. [24]

Õppemeetoditena on oluline kasutada palju näitlikustamist – katseid ja mudeleid. Mudelite ja meetodite kasutamisel tuleb lähtuda õpilaste arengutasemest. Põhikooli õpilased saavad paremini aru konkreetsetest kolmedimensioonilistest aatomi- ja molekulimudelitest, kuid gümnaasiumi ja ülikooli õpilased ja üliõpilased saavutavad paremaid tulemusi abstraktsete või visuaalsete (pildimaterjal) mudelite, ja arvutigraafika kasutamisel. [25]

2.2.5 Õppe- kasvatustöö eesmärkide teooriad ja taksonoomiad

Bloomi taksonoomia

Õppe- eesmärkide taksonoomiate ehk klassifikatsioonide ülesanne on kirjeldada õppimise tulemusi psühholoogia terminites. Õppekava seisukohalt on olulisim kognitiivne taksonoomia ja õpimotivatsiooni kujundamise seisukohalt afektiivne taksonoomia. [1]

Järgnevalt on ära toodud B.S. Bloomi kognitiivne taksonoomia.

Taksonoomial on kuus põhikategooriat: teadmine, mõistmine, rakendamine, analüüs, süntees ja hindamine. Need kuus kategooriat jaotuvad kahte alaliiki: teadmises- ja

arusaamistasemeteks. Iga järgnev kategooria eeldab eelmise kategooria omandamist. [1,12]

Teadmiste tase jaotub omakorda: a) detailse informatsiooni (terminite ja faktide teadmine; b) detailse informatsiooni käsitlemisviiside ja -vahendite teadmine; c) üldistuste ja abstraktsioonide (seaduspärasuste, reeglite, üldistuste ja teooriate) teadmine. Kategooriat iseloomustab suutlikkus meenutada konkreetset ja üldist informatsiooni (reegleid, seadusi, teooriaid jne.) Psühholoogilistest protsessidest leiab siin aset informatsiooni reprodutseerimine koos minimaalsete arutluslike toimingutega. Teadmiste tasemele vastavaid testiküsimusi peaks õpilane suutma vastata võrdlemisi kiiresti. [1,8]

Arusaamise madalaim aste on mõistmine. Mõistmise tase jaotub samuti alatasemeteks: a) transleerimine ehk tõlkimine; b) interpreteerimine ehk tõlgendamine; c) ekstrapoleerimine ehk prognoosimine. Mõistmise tase väljendab võimet reorganiseerida edastatud sisu, ilma et seda peaks täies ulatuses seostama varemõpituga. Sii kuulub võime lahendada tüüpülesandeid, mis eeldab ülesande teksti tõlkimist valemite keelde; teha tekstist kokkuvõtteid jms. Edukas meeldejätmise eeldab mõistmist. [1,3]

Kolmas aste on rakendamine - üldistuste ja abstraktsioonide rakendamine uudsetes situatsioonides. See arusaamise tase eeldab võimet üldistada õpitud ja kasutada seda loominguliselt. [1,8]

Analüüs jaguneb: a) elementide analüüs; b) seoste analüüs; c) ülesehituspõhimõtete analüüs. Analüüs on võime jaotada uuritav informatsioon koostisosadeks. Elementide analüüs seisneb osiste äratundmise võimes, Seoste analüüs eeldab võimet näha osiste vahelisi seoseid ja ühendusi, ülesehituspõhimõtete analüüs aitab tajuda info (jutustuse, artikli vms.) struktuuri. [1,8]

Süntees jaguneb: a) originaalse suulise või kirjaliku sõnumi reprodutseerimine; b) plaani koostamine; c) abstraktsete seoste kompleksi tuletamine (näiteks teoreemi originaalne tõestus). Süntees eeldab suutlikkust kombineerida elemente terviku moodustamiseks: võimalike koostisosade analüüs ja komplekteerimine uute või seni selgelt formuleerimata

loogiliste struktuuride kujundamiseks. Sisuliselt on see analüüsile vastandlik oskus, kuid eeldab analüüsiostkust. [1,8]

Hindamine eeldab kõigi eelpool kirjeldatud oskuste kasutamise võimet ning seetõttu on ta kognitiivsete õpitulemuste kõrgeimaks astmeks. Hindamist eristatakse kui otsustamist sisemiste kriteeriumite alusel - näiteks otsustamine info loogilisuse alusel ja otsustamist väliste tunnuste alusel - hinnang mingile tegevusele, nähtusele vms. antakse mingite väliste tunnuste alusel rangema mõõdupuu järgi. [1,8]

Tavaliselt ei jõua õppeprotsess esimesest kolmest tasemest kaugemale - teadmine, mõistmine ja rakendamine. See oleneb väga suuresti sellest, kuidas õpetaja oma tööd korraldab ja mida õpilastelt nõuab [1,3]

R.M. Gagné õpitulemuste klassifikatsioon

R. M. Gagné klassifitseerib õpitulemused viide kategooriasse: verbaalne informatsioon, intellektuaalsed oskused, kognitiivsed strateegiad, hoiakud ja motoorsed oskused. [1,2]

Verbaalne informatsioon on inimkonna olulisim meetod akumulieeritud teadmiste edastamiseks järgmistele põlvkondadele. Verbaalse informatsiooni ühikuid võib klassifitseerida nimedeks, faktideks, printsiipideks ja üldistusteks. Verbaalne informatsioon ja verbaalsed oskused on eriti olulised, kuna sageli on nad vältimatuks eelduseks edasisele õppimisele. Verbaalseid oskusi aitavad arendada kõik õppeained k.a. keemia oma erilise märgisüsteemi - keemia keelega. [1,2,8]

Intellektuaalsed oskused on suures osas kokkulangevad Bloomi taksonoomia teadmiste omandamise hierarhiaga - Gagné intellektuaalsete oskuste hierarhia iga kõrgem aste nõuab eeldusena eelmise taseme saavutamist. Madalamalt kõrgemale oleksid need astmed: lihtsamad õppimisvormid, diskrimineeringud, mõisted, reeglid, kõrgema astme reeglid. Keemias kasutatakse juba kõrgemaid astmeid, seega madalamate astmete omandamine jääb madalamate koolitasete osaks, kuid mõisteid, reegleid ja kõrgema astme reegleid kasutatakse keemias hulgaliselt. [1,2]

Kognitiivsed strateegiad on viisid, kuidas õpilased suunavad oma tähelepanu, mõtlemist, õppimist ja mälu. Kognitiivsete strateegiate ehk ka metakognitsiooni arendamine on sisuliselt ka oma õppimise jälgimise või eesmärgipärase õppimise oskuste arendamine. Seda oskust rõhutatakse riikliku õppekava üldosas ning siin aitab õppeainena oluliselt kaasa ka keemia, kui õpetaja aitab õpilastel jälgida oma mõtletegevust ning annab lihtsamate mälutehnikate kasutamise algteadmisi. [1,2]

Hoiakud on seotud õppe- kasvatustöö kasvatuslike eesmärkidega ning väärtushinnangute kujundamisega. Neid kirjeldab Krathwohli afektiivne taksonoomia: märkamine, reageerimine, väärtustamine, väärtuste süstematiseerimine, isiksuslike väärtusorientatsioonide kujundamine. Hoiakute kujundamise üheks aluseks on õpilase võime valida, otsuseid langetada ja eelistusi kujundada. Ka selle kategooria arendamisel on kõikidel õppeainetel oma osa. Eriti oluline on hoiakute kujundamine õpimotivatsiooni arengu seisukohast. Esmane positiivne *hoiak* tuleks kujundada just keemia kui aine vastu. [1,2]

Motoorsed oskused ei ole küll kasvatuses esimeste prioriteetide seas, kuid nad võimaldavad sooritada täpselt ja sujuvalt mitmeid töövõtteid. Keemias on motoorsed oskused olulised praktilise töö korraldamisel. [1,2]

Kokkuvõtteks võib öelda, et Bloomi õppe- kasvatustöö eesmärkide taksonoomia on heaks aluseks ainevaldkondade ja konkreetsete õppeainete omandamisele seatud eesmärkide püstitamiseks ning Gagné õppe- kasvatustöö tulemuste teooria on seatud õppekava üldosa aluseks ehk inimese kui terviku kujundamise aluseks. Gagné teooria sisaldab sisuliselt ka Bloomi taksonoomiat kui ühe kategooria sisu.

2.3 Teadmiste kontroll – testid ja testimine

2.3.1 Teadmiste kontrolli olulisus

Teadmiste kontroll ei ole lihtsalt hinde panemine õpilasele. Palju olulisem on jooksev teadmiste kontroll õpilase õppeprotsessi edukuse hindamiseks ja tagasiside andmiseks või

vajadusel ka õpetuse korrigeerimiseks. Seetõttu ei saa ka tõsiselt võtta üleskutseid hindamisest loobumiseks. Küll on tarvis viia õpilase hirm hindamise ees miinimumini. Kahjuks on teadmiste kontroll ka jätkuvalt oluliseks õpimotivatsiooni alalhoidjaks (tegemist on välise motivatsiooniga). [1,3]

Et teadmiste kontrollimine saaks täita kasvatuslikke ja õpetuslikke eesmärke peaks kontrollimine olema süstemaatiline, objektiivne ning kontrollimeetod ei tohiks olla õpilastele "läbipaistev", et vältida õppimist vaid kontrolli jaoks. [26]

Vaid teadmiste ja arusaamiste kontrollimine ja objektiivne hindamine tagavad õigeaegse sisemise ning välise tagasiside. [27]

Õpilase teadmiste kontrolli meetodid olenevad kontrollimise eesmärgist - kas eesmärgiks on anda hinnang õppeprotsessile ja õpilase arengule või anda hinne oskuste, vilumuste ja teadmiste omandamisele ja nende reprodutseerimisele.

Teadmiste jooksva kontrolli ja tagasiside andmise olulisus tuleneb teadmiste konstruktiivse koostamise olemusest. Uurimused on näidanud, et just teaduslikku informatsiooni õpivad õpilased eristatuna oma tavapäraarusaamadest ja tulemusena ei suuda nad luua integreeritud kontseptuaalset arusaama fundamentaalsetest seaduspärasustest. Sellest tulenevad ka õpilaste kõikvõimalikud väärarusaamad nagu see, et keemisel eraldub veest mullidena vesiniku ja hapniku segu. Just seetõttu on vaja aegajalt kontrollida, millised on need arusaamad, mis õpilased on endale kujundanud ja vajadusel püüda neid tagasiside andmisega korrigeerida. [28,29]

2.3.2 Ainetestide koostamise põhimõtted

Ainetestid on üks kiiremaid ja täpsemaid omandatud teadmiste kontrollimise viise - nii õpetaja kui ka õpilase seisukohalt on testid kõige kiiremaks, mugavamaks ja objektiivsemaks teadmiste kontrolli viisiks. [27]

Testimeetodi kasutamisel on hindamine objektiivsem ja kõigile testitavatele ühtsetel alustel - kaovad õpetaja objektiivsust mõjutavad faktorid nagu haloefekt (eelmist tööde tase

mõjutab hindaja objektiivsust), konkreetse õpilase käitumine ja varasemad sooritused jms. Testide kasutamise plussiks on veel see, et sama mõõdupuuga (objektiivselt ja võrdlevalt) saab kontrollida suurte õpilashulkade teadmisi. [30,1] Samas võimaldavad standardiseeritud (rahvusvahelised) testid võrrelda ka täiesti erinevatel õppekavadel, erineva kultuuri- ja rahvusliku taustaga inimeste teatud kindlaid omadusi (mis võivad olulised olla näiteks tööturul kandideerimisel). [31,32]

Teisalt väidavad kriitikud, et standardiseeritud küsimused testides ei sobi igasuguse intelligentsustüübiga ja õpistiiliga õpilastele. Samas näitavad uuringud, et kui anda õpilastele valida, millistele küsimustele vastata, paranevad osal õpilastest tulemused küll oluliselt, kuid teistel mitte. Seega ei oska kõik õpilased hinnata oma võimeid ning valida parimaid testiküsimusi. [33]

Ainult testide koostamise, testimise ja hindamise kõigi reeglite range järgimine viib testimeetodi kõigi hüvede realiseerimisele. Kontrollimise ja hindamise objektiivsuse tagamiseks peab test olema koostatud nii, et ta kajastaks representatiivselt kogu õpitut. [27] Oluline on järgida ka testi täitmiseks ettenähtud aega ning taunida lubamatute vahendite kasutamist, vastasel juhul kannatavad nii testi objektiivsus, kui õpilase mõtteviisi areng. [30]

Testide iseloomustamiseks kasutatakse mitmeid kvaliteedinäitajaid - programmi omandamist kontrolliva testi puhul on oluline testi representatiivsus ehk esinduslikkus - et test kataks ühtlaselt kogu materjali. Testi reliaablus, ehk usaldatavus näitab testi truudust iseendale - kui test on reliaabel, langevad kordustestide tulemused omavahel kokku. Testi valiidsus näitab, kui hästi mõõdab test seda, mille mõõtmiseks ta on ette nähtud. Testi valiidsus on tihedalt seotud testi reliaablusega, kuna mõlemad näitavad mõõtmistäpsust. [30]

Valiidsuse mõistet on jaotatud veel omakorda mitmeks – ennustav valiidsus (näitaja, mille ennustamiseks testi kasutatakse), võrdlev valiidsus (kahe enam-vähem samaaegselt läbuviidud testi tulemuste korreleeruvus), sisu kaetuse valiidsus (mõõdetava valdkonna ühtlane esitus testis) ja konstruktvaliidsus (testi võime mõõta teatud psüühilist omadust). Viimasel ajal on tähtsaimaks peetud konstruktvaliidsust, kuid see eeldab, et me tõepoolest

mõõdame testiga seda omadust ega tee testitulemuste põhjal järeldusi testitava teiste omaduste kohta. Seega seab testi valiidsus meile piirid järelduste tegemisel. [34]

Testid jagunevad mitmeti: testiülesannete liigi järgi - valiktestid, vabavastustega testid jms.; testimise eesmärgi järgi - näiteks ainetestid, võimetetestid ja isiksusetestid; testi täiustusastme järgi - standardiseeritud (riiklikud testid) ja standardiseerimata (õpetaja koostatud testid) testideks; testimise eesmärgi, ülesannete iseloomu ning programmile vastavuse järgi: programmitestid, eristustestid, astmetestid jms. [30]

Kõige levinumad on valikvastustega ülesanded, kus õpilasel tuleb valida mitme vastusevariandi vahel. Valikvastuseliste ülesannetega testidel on mitmeid voorusi - testi täitmise ja parandamise kiirus ning täpsus. Samas nõuab sellise testi koostamine õpetajalt rohkem vaeva, kui vabavastuseliste küsimustega testi koostamine. Samuti on kritiseeritud just selle ülesandetüübi puhul seda, et ülesanded ei kontrolli õpilase mõtlemisoskust. Seda probleemi saab vältida ülesannete oskusliku koostamisega. Kuna sellistele küsimustele saab vastuseid leida ka huupi, ilma küsimusse isegi süvenemata ja sel viisil võib-olla isegi test positiivselt sooritada, kasutatakse mitmetes maades taktikat - võtta valede vastuste eest punkte maha. Sel juhul täidab õpilane ainult need testi osad, milles ta on täiesti kindel. [30] Teine taktika, mida juhusliku vastamise vähendamiseks kasutatakse on valikvastuste seast mitte õige valimine, vaid neile hinnangu andmine (vale, õigem, kõige õigem). Selline lähenemine teeb testi hindamise õpetajale väga vaevanõudvaks, ning eeldab arvutitöötlust. [35]

Vabavastuseliste küsimuste ja ülesannete puhul peab õpilane ise leidma kas lünka mõne sõna või valemi või kirjutama küsimusele pikema vastuse. Selliste testiküsimuste juures on puuduseks just hindamise objektiivsus ja keerulisus. Õpetajal peavad olema selged ettekujutused sellest, mida ta vastuseks ootab ja millised miinimumnõuded tal vastusele on. [27]

Testidele suunatud kriitika väidab peamiselt, et ainetestidega ei suudeta kontrollida õpilase mõtteprotsesse ega kooli kasvatuslike eesmärkide saavutamist samuti, et testide abil on võimalik mõõta vaid osa inimese omadustest, mis võib viia mõne vähemolulise omaduse

ületähtsustamisele. Lisaks ainetestidele on kooli tegevuse hindamiseks tarvis ka teisi meetodeid. [30]

Palju testidele esitatud puudusi on võimalik kõrvaldada ja leevendada testiküsimuste oskusliku valikuga - näiteks mõtteprotsesse on võimalik kontrollida valikvastustega, mis on koostatud nii, et õpilane peab õige vastuse leidmiseks sooritama mitu mõttelist operatsiooni. [30]

2.4 Suundumused ja tendentsid keemiaõppes

Keemia õpetamise eesmärgid on võrreldes paarikümne aasta taguste eesmärkidega radikaalselt muutunud. Keemiaõpetus eeldas peale teoreetiliste seisukohtade omandamise ka suure hulga faktilise materjali tundmist. Vähe pöörati tähelepanu oskusele oma teadmisi rakendada probleemide lahendamisel, teha järeldusi ja üldistusi. Samas läheneti sel ajal õpetusele ka juba psühholoogilisi seaduspärasusi ja isiksuse struktuuri järgides. Keemia õpetamisel rõhuti võimalikult rohkete õppemeetodite kasutamisele (k.a. aktiivsed meetodid) nagu tänapäevalgi. [26,36]

Suundumused kogu kooliõpetuses on tänapäeval parema arusaamise (kontseptuaalsete teadmiste) ja vähema hulga faktiteadmiste õppimisele. On täiesti loomulik, et konstruktiivselt kujundatud kontseptuaalseid teadmisi tuleb eelistada lihtsatele faktiteadmistele ja algoritmilistele oskustele, kuid ilma faktiteadmisteta pole õpilastel oma konstruktiivseid teadmisi millelegi "ehitada" ning õppimine muutub liiga abstraktseks. [37,29]

Lüngad aatomi ehituse ja keemilise sideme tundmisel takistavad edasise keemia kursuse omandamist ning kogu õppimine muutubki segaste reaktsioonivõrrandite, ainete omaduste jms. päheõppimiseks, sest puudub alus, millele ehitada loogiline süsteem. Samas on keemias tõepoolest palju faktimaterjali, mistõttu ongi see süsteemi tunnetamine ja loomine väga oluliselt vajalik. Keemiaõpetuse eesmärk ei ole mitte hulgaliselt keemiateadmisi pähe ajada, vaid süsteemi loomise, tunnetamise ja rakendamise õpetamine – see annab õpilasele ka mõtlemisoskust ning seda saab ära kasutada ka teistes eluvaldkondades. [39]

Lisaks rõhutakse aina enam ka uurimisoskuste arendamisele – oskusele püstitada hüpoteese ja neid kontrollida ning seostada olemasoleva infoga. [39]

Samuti liigutakse õppeainete integratsiooni poole - loodusteaduste käsitlemine koolis peab lähtuma tervikpildi loomisest, et õppides keemiat suudaksime märgata seoseid bioloogia, füüsika, geograafia, ajaloo või mistahes muu ainega. Eesmärgiks on kujundada loovalt mõtlevat inimest, kes tajuks ümbritsevat maailma ühtsena. Ainete integratsioonil tuleks jälgida, et see oleks tõepoolest integratsioon mitte lihtsalt mitme ainekursuse kokkusurumine üheks. Õppeainete integratsioonil on vajalik ühtsete eesmärkide seadmine, sarnase metoodika rakendamine, mõistete ja terminite ühtlustamine või kooskõlastamine ja õppetöös teistes ainetes õpitule toetumine. See eeldab küll mõningast lisatööd ja õpetajatevahelist koostööd, kuid annab lõppkokkuvõttes paremaid tulemusi. [37,38]

Oluline suundumus on muuta õpetuse tihedus õpilasele vastuvõetavaks. Räägitakse õppeainete mahu vähendamisest, kuid kui kasutada võrdlust füüsikaliste suurustega, siis õppeaine maht oleks konkreetselt tundide arv, mida keemias vähemaks võtta oleks raske. Vähendada saaks aine „massi“ - materjali, eriti faktiteadmiste vallas, ning kui vähendatud mass jaotada tundidele laiali (maht), saabki väiksema tiheduse (mass/maht). Õppekavade loomisel ongi võetud suund õppeaine tiheduse vähendamisele. Konkreetselt on suundumus uues õppekavas vähendada 10. klassis elementide osa ning see jätab rohkem aega üldise osa käsitlemisele. [39]

2.5 Aatomi ehituse ja keemilise sideme käsitus riiklikus õppekavas

Koolikeemia riiklik õppekava käsitleb keemia ja ka teiste loodusainete õppimist kui konstruktivistlikku protsessi, mille käigus õpilane konstrueerib olemasolevale kogemusele toetudes enda jaoks uue teadmise. Keemia õppimisel süvenevad teadmiste rakendamise oskused, kujunevad väärtushinnangud ning suhtumised. [40]

Õppekavas jaotatakse keemiaõpe kolmeks komponendiks: teaduslik, protsessuaalne ja ideeline komponent. Koolikeemia teaduslik komponent tegeleb teadmiste ja arusaamadega keemilistest nähtustest ja keemia seaduspärasustest. Protsessuaalne komponent arendab oskust hankida uusi teadmisi, neid analüüsida, süstematiseerida ja rakendada nii tuntud kui

ka uues olukorras. Ideeline komponent kujundab õpilase väärtushinnanguid ning suhtumist keemia osasse meid ümbritsevas maailmas, arendab oskust näha ja hinnata oma otsustuste või tegevuse võimalikke tagajärgi. [40]

Keemial, koos teiste loodusteadustega, on oluline tähtsus ka üldpädevuste kujundamisel ja arendamisel. Sellisteks pädevusteks on kommunikatiivne pädevus, matemaatikapädevus, tehnoloogilis-tehniline pädevus jms. Keemia arendab ka õpilaste loomingulise ja kriitilise mõtlemise oskust. Keemiaõpe arendab oskust mõista tervete eluviiside ja tervisliku toitumise tähtsust ning mõista puhta looduskeskkonna ja tervise vahelisi seoseid. [40]

Keemial on ka isiksuse arendamisel oluline roll. Keemia õppimine arendab loogilist mõtlemist, analüüsi- ja üldistamisoskust, põhjuslike seoste mõistmist, loomingulist aktiivsust ja praktilise töö oskusi, annab aluse looduse ja ühiskonnaga seotud probleemide mõistmisele ja väärtushinnangute kujunemisele. Keemiaõpetuse käigus kujundatakse ka vastutustunnet ja austust looduse vastu, teiste inimeste ja ühiskonna suhtes, oskust näha ja hinnata oma otsustuste ja tegevuse otseseid ja kaudseid tagajärgi, oskust teha koostööd. Keemiateadmised laiemas plaanis moodustavad olulise osa mitmekülgsest haridusest ja aitavad õpilasel paremini orienteeruda tänapäeva muutuvast maailmast. [40,39]

Keemias alustatakse esimest korda aatomi ehituse ja keemilise sideme teemaga 8. klassi algul. 9. klassis rakendatakse neid teadmisi näiteks metallide teema juures. 10. klassi algul õpitakse aatomi ehitust ja keemilist sidet juba süvendatumalt – käsitletakse ka elektronkihtide jaotumist alakihtideks ja aatomorbitaale. 10. klassi lõpupoole konkreetsete ainete omaduste käsitlemisel ja ka 11. klassis orgaanilises keemias rakendatakse neid teadmisi suuremal või vähemal määral. 11. klassis orgaanilise keemia juures juba seostatakse ka vesinikside aine omadustega.

Detailsem ülevaade põhikooli ja gümnaasiumi riikliku õppekava aatomi ehituse ja keemilise sideme teemaga seonduvatest teemadest on antud käesoleva töö lisas [vt Lisa 3].

3. UURIMUSLIK OSA

3.1 Uurimismetoodika kirjeldus

3.1.1 Uurimuse eesmärk ja meetod

Uuringu peaesmärk oli teada saada kui hästi on õpilased omandanud aatomi ehituse ja keemilise sideme teema ning mil määral need teadmised ajas muutuvad. Õpetamise ja õpetuse organiseerimise seisukohalt on väga oluline ka mõista – miks õpilaste tulemused on just sellised.

Lähtuvalt uuringu eesmärgist püstitati mitmeid uurimisküsimusi.

Uurijaid huvitasid järgmised küsimused:

- 5) kas uuritavate testitulemused muutuvad ajas ja millises suunas?;
- 6) kas mitmekordne testimine mõjutab õpilaste testitulemusi?;
- 7) kas õpilaste hinnang testi raskusele on seoses testitulemusega?;
- 8) miks test tundus raske - milliseid põhjuseid ja vabandusi õpilased välja toovad?

Lähtuvalt küsimustest püstitati järgmised hüpoteesid:

- 1) Õpilaste arenedes keerukamatele küsimustele antavate õigete vastuste osakaal suureneb
- 2) Õigete vastuste osakaalu suurenemisele aitab kaasa teema kordamine

Uurimiseks kasutati kvantitatiivset testimismeetodit. Lisaks hinnati koostatud testi lisauuringutega ning viidi läbi ka intervjuusid.

3.1.2 Lõpptesti kokkupanek

Uurimistesti aluseks oli TÜ õpetajakoolituse lõputöös kasutatud test, mida enne edasist kasutuselevõttu testiti ja muudeti. Testi lõppversioonile eelnesid mitu algversiooni. Testi algversioone testiti erinevate gruppidega – TMK (Tartu Meditsiinikooli, praegune Tartu

Tervishoiu Kõrgkooli) õpilased, TÜ materjaliteaduse eriala üliõpilased, kooliõpilased, intervjuud erineva taustaga inimestega jms.

Eeltestide läbiviimisel küsiti, kas küsimused on arusaadavad, milline küsimus on kõige raskem ja miks ning ka seda, kas õpilane vastas enda hinnangul mälu või loogilise mõtlemise põhjal. Intervjuudes uuriti põhjalikumalt õige või vale vastuse kujunemist, küsimuste loetavust ja arusaadavust jms. Samuti hinnati eeltestide korral testi sooritamiseks vajalikku aega.

Intervjuude, eeltestide ning töö juhendajate eksperthinnangute tulemuste põhjal valmis testi esimene variant, mis viidi koolides ka läbi. Järgmise vooru eel muudeti vaid testi lisaküsimusi, mis esialgsel kujul teistkordseks testi täitmiseks ei sobinud. Kolmanda vooru eel küsimusi ei muudetud, kuid kuna kolmandas voorus kasutati ka paralleelklasside võrdlust, siis kasutati nendes vaid esimese vooru testivarianti. Neljanda vooru eel paluti õpilastel iga küsimuse juures analüüsida, kas nad vastasid mälu, loogilise mõtlemise, juhuslikkuse või mõne muu allika põhjal/alusel ning seda silma pidades lisati iga küsimuse juurde ka vastav valikuvõimalus.

Testi pikkus, ajalimiit

Testi sooritamiseks vaja läinud aeg varieerus eeltestimistel 7 minutist 20 minutini, olenevalt vastaja taustast, reageeringust, põhjalikkusest jms. Näiteks põhikooli loodusteaduste õpetajal/gümnaasiumi keemiaõpetajal kulus ~10 minutit, kusjuures vastuste ja vestluse põhjal selgus, et küsimused olid küll kiiresti, kuid mõttega läbi loetud, testi vastused täiendavalt üle kontrollitud ja tulemus samuti väga hea (esines 2 viga - küsimuses 2b ei liitnud kahe näite puhul väliskihi elektronide arvu kokku), lühidalt olid vastatud ka lisaküsimused. 10. klassi õpilasel kulus 20 minutit, kusjuures vigu oli vähe, õpilane oli jõudnud testi vastused ka teistkordselt üle kontrollida (parandused esialgsetes vastustes) ning vestluses selgus, et küsimused olid korralikult läbi loetud – samuti olid vastatud lisaküsimused. TÜ üliõpilasel (Materjaliteadus 1.a.) kulus 10 minutit, kusjuures esines mitmeid vigu ja üks vastamata jäetud küsimuse alapunkt (lisaküsimused selles testiversioonis puudusid). 7 minutit kulutanud õpilase (TMK) tulemused olid keskmised – esines vigu, kuid vastamata jäetud küsimusi ei olnud (sellel testil puudusid samuti lisaküsimused). Edasistel eeltestidel ja intervjuudel jälgiti vaid, et vastamise aeg jääks 20

minuti piiridesse. Kokkuvõttes loeti 20 minutit testi läbi viimiseks optimaalseks ajaks. 20 minutit oli piisav, et testiküsimustele ning ka lisaküsimustele vastata, teisest küljest oli see ka õpetajatele vastuvõetav aeg, arvestades, et teste tehti keemiatundide ajast.

Küsimuste arusaadavus

Intervjuude raames läbi viidud testitulemustest nähtub, et küsimused on olnud kõikidele arusaadavad eeldusel, et vastajad on küsimused mõttega läbi lugenud. Intervjuu suulises osas tuli siiski välja, et mõned intervjuueeritavad polnud seda teinud.

Küsimuste otstarbekus ja valiidsus

Iga küsimuse juures oli töö koostajal ja juhendajatel esialgne nägemus, mida ja kuidas see küsimus kontrollima peaks. Testi jaoks koostati mitmeid erinevaid küsimusi, mille hulgast valiti välja kõige otstarbekamad. Kasutati erinevaid ülesandetüüpe – valikvastustega küsimusi (tabeli kujul), lünktesti ja visuaalsetel mudelitel põhinevaid küsimusi. Vabavastuselised olid vaid küsimused testi arusaadavuse ja raskuse kohta.

Kas küsimused olid valiidsed ehk kas testitavad vastasid seda, mida uurija ootas, uuriti taas intervjuudega. Intervjuude tulemused olid selles osas head.

Testi skoorimine ja tulemuste analüüs

Erinevate küsimuste juures kasutati erinevat skoorimisviisi. Kui oli tegemist tabeli täitmise, näidete toomise või lünkade täitmisega, anti punkte iga õige vastuse eest, valede vastuste eest miinuspunkte ei antud. Mõne küsimuse puhul ei olnud ühte õiget vastust. Näiteks viienda küsimuse mõned lüngad on täidetavad mitmeti. Siin arvestati skoorimisel ka seda kui palju ja kui täpselt on testitav vastanud. Viienda küsimuse puhul anti maksimaalsed punktid vastuse eest, kus olid leitud üles kõik antud kirjeldusele vastavad skeemid. Ainult kuuenda küsimuse b osa juures (gümnaasiumiosa testis) kasutati ka punktide mahaarvestamist (miinuspunkte).

Tulemuste analüüsil kasutati programmi MS excel laiendatud statistikapaketti. Eri vooruse keskmiste tulemuste võrdlemisel kasutati Studenti t-testi. F-testi kasutati testitulemuste varieeruvuste võrdlemiseks eri voorude vahel. F-testi tulemust arvestati t-testi valimisel. Tulemuste esitamisel on toodud ära vaid olulisuse nivoo p suurus statistiliselt oluliste

erinevuste korral (olulisuse nivool 95%, $p < 0,05$). Kasutati ka korrelatsiooni ja kirjeldava statistika funktsioone.

Testi täitmise atraktiivsus ja mugavus

Testi üritati teha õpilasele huvitavamaks ja väljakutset pakkuvamaks erinevat tüüpi küsimuste abil ning kasutades ka visuaalseid mudeleid. Testis kasutati nii selliseid ülesandeid, millele sarnaseid on õpikutes ja töövihikutes juba kasutatud, kui ka täiesti uudset tüüpi ülesandeid.

Testi täitmine püüti teha õpilasele nii mugavaks kui võimalik. Seepärast mahutati test ära ühele lehele, et kõik küsimused, juhised ja pealkiri oleks korraga näha. Teisest küljest oli seetõttu tarvis vähendada kirja formaati ning sõnastada küsimused võimalikult lühidalt. Testi vastused oli võimalik kirjutada testi lehele, mis samuti suurendas testi täitmise mugavust.

Testi esinduslikkus teema seisukohast

Testis on kasutatud küsimusi, mis uurivad aatomi ehituse teema omandatust mitme eri külje pealt – aatomi elektronskeem ja elektronvalem, elemendi metallilisus, väliskihi elektronide arv, neutronite arv, prootonite arv jms.

Keemilise sideme osas on küsimusi rohkem – on uuritud lihtsalt erinevate keemilise sideme tüüpidega ainete eristamist, erineva sidemetüübiga ainete omadusi (näiteks elektrijuhtivust), vesiniksideme moodustumise võimalusi jms.

Küsimused on koostatud vastavalt kehtivale õppekavale ning eeskujuks on võetud keemia õpikud, töövihikud, õpetajaraamatud ning ülesanete kogumikud. Iga küsimuse eesmärk ja vastamise tulemused on toodud ära tulemuste ja arutelu osas.

Kokkuvõttes peeti testi koostamisel silmas järgmisi aspekte:

- 1) Testiküsimused ning juhised on arusaadavad, üheselt mõistetavad ning mitte liiga pikad.
- 2) Testi täitmiseks arvestatud aeg – 20 minutit on reaalne.

- 3) Testis on erinevat tüüpi ülesandeid erineva intelligentsustüübi ja õpistiiliga õpilastele – nii varem tuttavatel kujul kui ka uudsel kujul.

3.1.3 Uuringu läbiviimine

Kokku testiti erineval ajal õpilasi üheksas üldhariduslikus koolis ning ühes rakenduskõrgharidust pakkivas koolis. Põhiuuringus osales viis kooli, lisaks viidi üks testivoor läbi veel viies koolis. Testi katsetati ka ühe rakenduskõrgkooli – Tartu Tervishoiu Kõrgkooli (uuringu läbiviimise ajal Tartu Meditsiinikooli - TMK) – üliõpilastega ning viidi läbi intervjuusid. Testitavaid ja Intervjueeritavaid oli ka väljastpoolt eelpoolmainitud koole.

Uuring viidi läbi ajavahemikul sügis 2002 – kevad 2005. Testi kõige esimene voor viidi läbi aasta 2002 novembris, teine voor 2003. aasta märtsis, kolmas voor sama aasta maikuu ning neljas testivoor 2003. aasta septembris. Lisauuringud paralleelklassidega toimusid 2003. aasta mais. Lisauuringud uute koolidega viidi läbi 2003. aasta septembris. Intervjuud testi algversiooni täiustamiseks toimusid 2002. aasta septembris ja oktoobris. Intervjuude läbiviimist jätkati kuni 2005. aasta kevadeni.

3.2 Tulemused ja arutelu

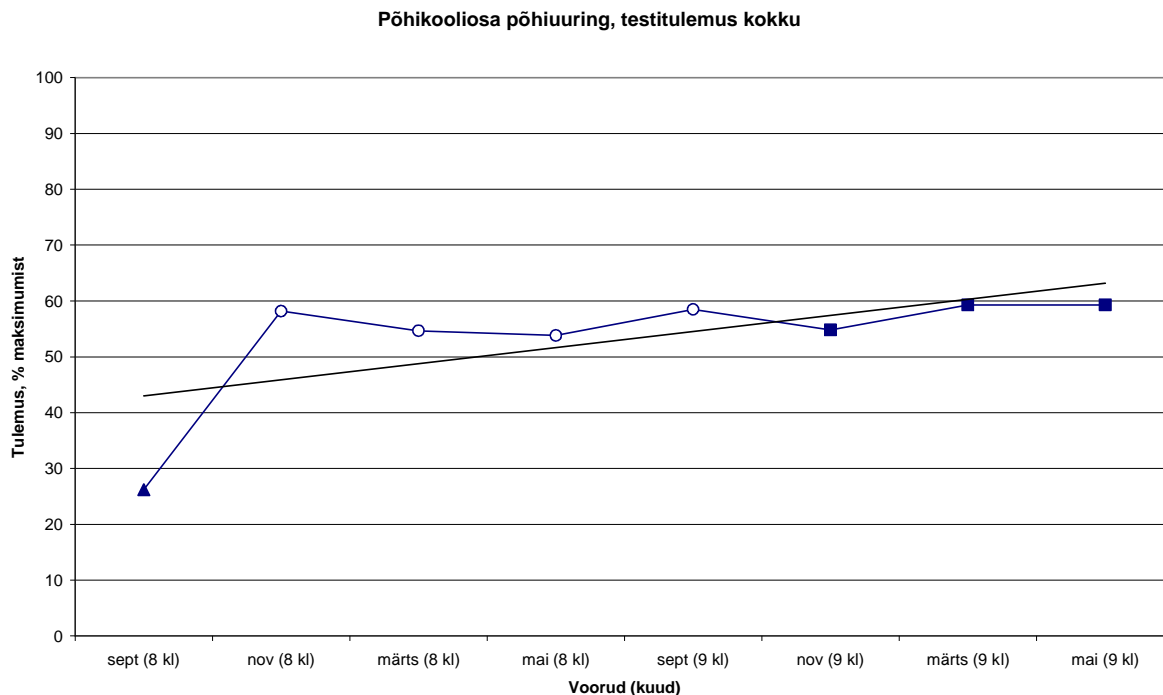
3.2.1 Põhikooli tulemused ja arutelu

Põhikooli uuringus võeti kõikides voorused arvesse kokku 1120 testi. Põhikooli kaheksandas klassis uuriti esimeses voorus (november) 98, teises voorus (märts) 73, kolmandas (mai) 64 õpilast, neljandas (september) 90 õpilast. Üheksandas klassis jagunesid õpilased vastavalt: I voor – 145, II voor 123, III voor – 108 ja IV voor – 92 õpilast. Paralleelklasside uuringus osales 8. klassis 46 ja 9. klassis 47 õpilast. IV voorus oli täiendavalt juurde võetud veel viis kooli, nendes uuriti 8. klassis 140 ja 9. klassis 94 õpilast viiest koolist.

3.2.1.1 Põhiuuringu kokkuvõte

Põhikooli testis oli võimalik saada kuni 30 punkti. Kõige väiksem tulemus oli 7,86 punkti 8. klassi septembris (26,2% maksimumist) ja kõige kõrgem tulemus oli 9. klassi mais – 17,3 punkti (59,3%) (Vt lisa).

Kõige suurem muutus testitulemustes esines 8. klassis keemiaõpingute algul, mis on ka igati mõistetav. Tulemus muutus 26,2%-lt septembris 58,2%-ni novembris. Muutus oli statistiliselt oluline ($p \ll 0,05$). Edasiste voorude puhul kõikus keskmine tulemus 53% ja 60% vahel, ilma suuremate muutusteta. Statistiliselt oluline erinevus esines veel 9. klassi novembri ja märtsi voorude vahel, kuigi tulemuste vahe polnud kuigi suur – novembris 54,8%, märtsis 59,3% ($p=0,04$). Üldine tulemuste trend on positiivne, kuid kui jätta ära 8. klassi septembrivoor (mis toimus ju ka täiesti uute õpilastega), siis ei ole peaaegu mingit muutust testitulemustes märgata.



Joonis 1. Põhikooliosa põhiuuringu keskmised tulemused

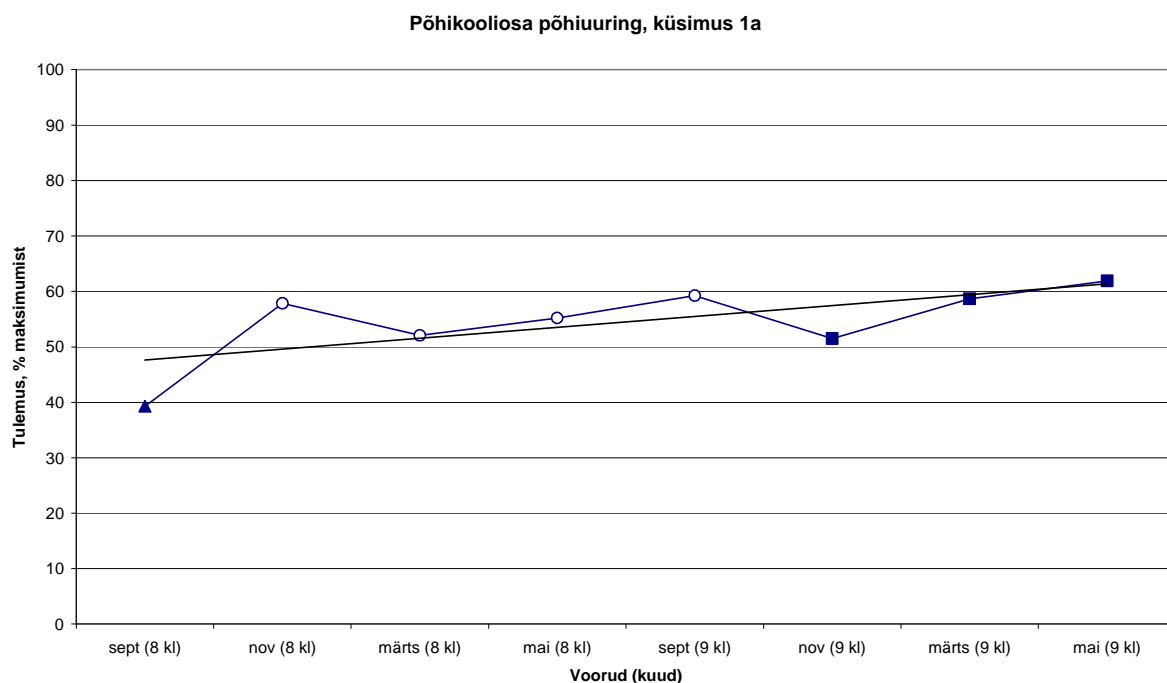
Siin ja edaspidi on graafikutel samade õpilaste tulemused märgitud sarnaste sümbolitega.

3.2.1.2 Põhikooli põhiuuring küsimuste kaupa

Küsimus 1a.

Küsimus oli testis esitatud selleks, et välja selgitada mil määral õpilane oskab orienteeruda erinevate ainete tüüpides ja tunda ära erineva keemilise sidemega aineid. Küsimus eeldab etteantud tüüpiliste näidete varal aineklassi ära tundmist ja selle põhjal järelduste tegemist. Küsimus 1a on vastatav analoogiate ja süsteemi tajumise põhjal, kuid kui õpilasel pole süsteemi tekkinud, vastatakse see küsimus pigem juhuslikult. Maksimumpunktide arv selle küsimuse eest oli 6.

1a küsimuse korral kõiguvad tulemused 2,36 punkti (39%, 8. klassi septembris) ja 3,71 punkti (61,9%, 9. klassi mais) vahel. Kõige suurem tõus toimub, nagu kõikide küsimuste kokkuvõtteski, 8. klassi septembri ja novembri tulemuste vahel – 2,36-st punktist 3,47 punktini (39,3% - 57,8%, $p < 0,05$). Statistiliselt oluline langus toimub 9. klassi septembrist novembrini (3,55 – 3,09 punkti, 59,2% - 51,5%, $p = 0,02$), millele järgneb väike tõus novembrist märtsini (3,09 – 3,52 punkti, 51,5% - 58,7%, $p = 0,02$).



Joonis 2. Põhikooliosa põhiuuringu küsimuse 1a keskmised tulemused

Kui võtta arvesse ainult ühtede ja samade õpilaste tulemused (joonisel märgistatud sarnaselt), on 9. klassis selge tõusutrend, kuid 8. klass on 9. klassiga enam-vähem samal tasemel. Põhiline muutus teadmistes toimub 8. klassi algul, ning hiljem erilist muutust (ei paranemist ega langust) ei ole.

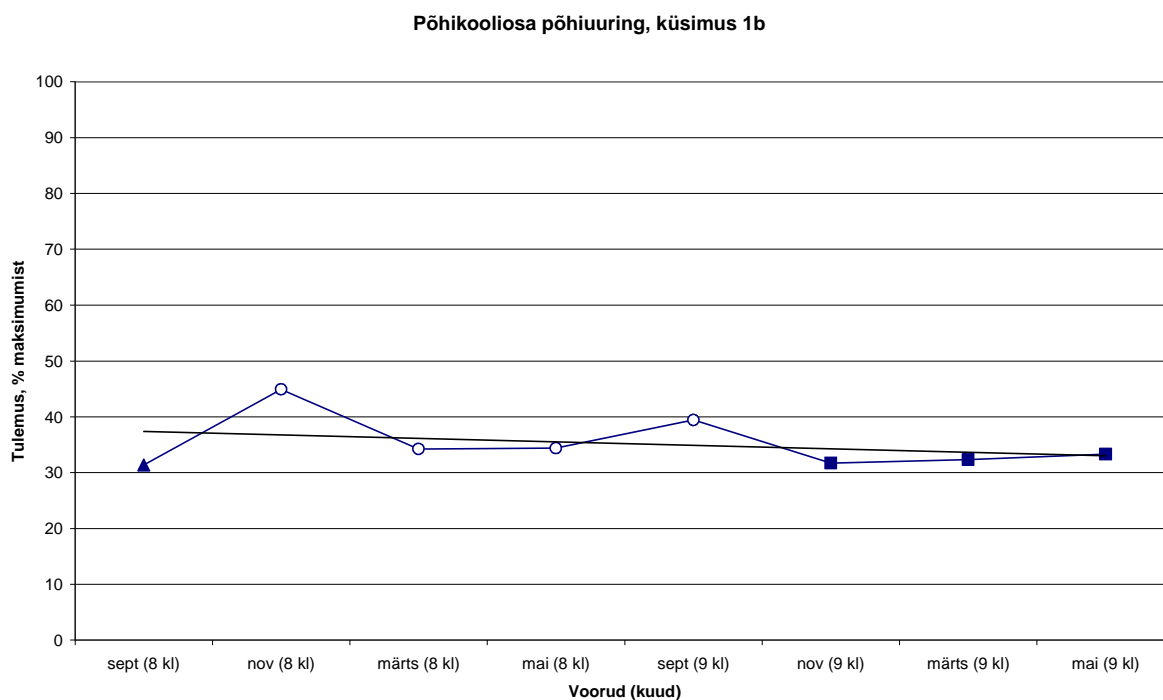
Sellele küsimusele tehti ka väärarusaamade analüüs kõikide esimest korda vastajate seas. (vt. Lisa 4.) Kõige sagedamini esinenud (suurima esinemisprotsendiga) viga on KBr pakkumine molekulaarseks aineks (koguvastustest 21,8 %), kusjuures suhteliselt sarnase sagedusega pakuvad seda vastust nii kaheksanda kui üheksanda klassi õpilased. Teisel kohal on H₂S pakkumine ioone sisaldavaks (21,4%) ja kolmandana pakutakse, et F₂ koosneb üksikaatomitest (20,2%).

Küsimus 1b.

Küsimuses 1b peab õpilane ise leidma sobivad näiteid. Sellele õigesti vastamise eelduseks on teadmine, mis on molekulid, metallid ja kristallid ning selle teadmise rakendamine näite leidmiseks. Küsimus eeldab palju loomingulisemat lähenemist. Selle küsimuse eest oli võimalik saada kuni 4 punkti.

Küsimuse 1b on oluliselt halvemini vastatud, ning avaldub ka langustrend – parim tulemus on 8. klassi novembris – 1,80 punkti (44,9%), see langeb 9. klassi maikuuks – 1,58 punktini (33,3%). Statistiliselt olulised muutused leiavad aset vaid 8. klassi septembrist novembrini (1,26 – 1,80 punkti, 31,4% - 44,9%, p=0,004) ja novembrist märtsini (1,80 – 1,37 punkti, 44,9% - 34,2%, p=0,03).

Võiks eeldada, et loomingulise lähenemise ja näidete leidmise oskus paraneb põhikooli jooksul oluliselt, kuid antud testi selle küsimuse tulemused näitavad vastupidist. Võrreldes põhikooliosa teiste küsimuste tulemustega, on selle küsimuse 8. klassi septembrivooru tulemused suhteliselt paremad kui teistes voorudes. Samas võib see olla seletatav ka juhuslikkusega.



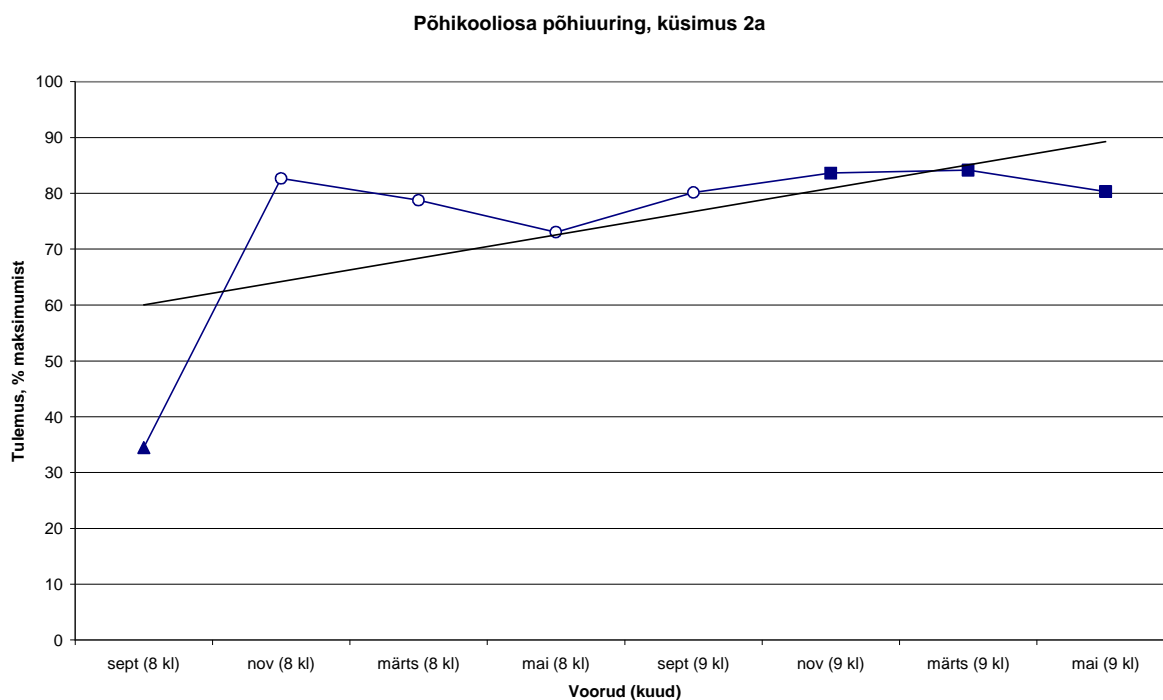
Joonis 3. Põhikooliosa põhiuuringu küsimuse 1b keskmised tulemused

Küsimus 2a.

Küsimus 2a on koostatud aatomi elektronskeemi kohta. Küsimusega uuritakse, kuidas õpilane oskab seostada elektronide, prootonite ja neutronite arvu aatomis ning kas ta oskab koostada elektronskeemi aatomi visuaalse planetaarse mudeli põhjal. Küsimusele edukas vastamine eeldab seda, et õpilane oskab seostada elemendi asukohta perioodilisustabelis aatomi ehitusega ning välja lugeda aatomi ehituse planetaarse mudeli kujul esitatud infot. Elektronskeemi koostamine on aga põhimõtteliselt võimalik ka vaid jooniselt punktikesi (elektrone) kokku lugedes, probleemi sisuliselt mõistmata. Maksimumpunktide arv selle küsimuse eest oli 4 punkti.

Kui välja arvata jällegi 8. klassi septembrivoor, mille tulemus – 1,38 punkti (34,4%) oli kõige madalam, siis üldine tase ei ole halb – kõik ülejäänud tulemused on üle 2,9 punkti (üle 70%). Ainuke oluline muutus toimuski 8. klassi septembrivoorust novembrini (1,38 – 3,37 punkti, 34,4% - 82,7%, $p < 0,05$). 8. klassi novembrivooru tulemus oligi selle küsimuse juures kõige parem. Statistiliselt olulised muutusi rohkem ei olnud, tähelepanuväärsed olid siiski langused 8. klassi novembri ja märtsi (3,36 – 3,15 punkti,

78,8% - 73,0%) ja märtsi ja mai vahel (3,15 – 2,92 punkti, 78,8% - 73,0%, p). Huvitav on siiski märkida, et suve jooksul 8. klassi maist kuni 9. klassi septembrini on tulemus paranenud 2,92-st 3,21 punktini (73,0% - 80,2%), kuigi õpilased on eeldatavalt samad. Võimalik ka, et teema on jõutud uuel õppeaastal kahe esimese nädala jooksul üle korrata.

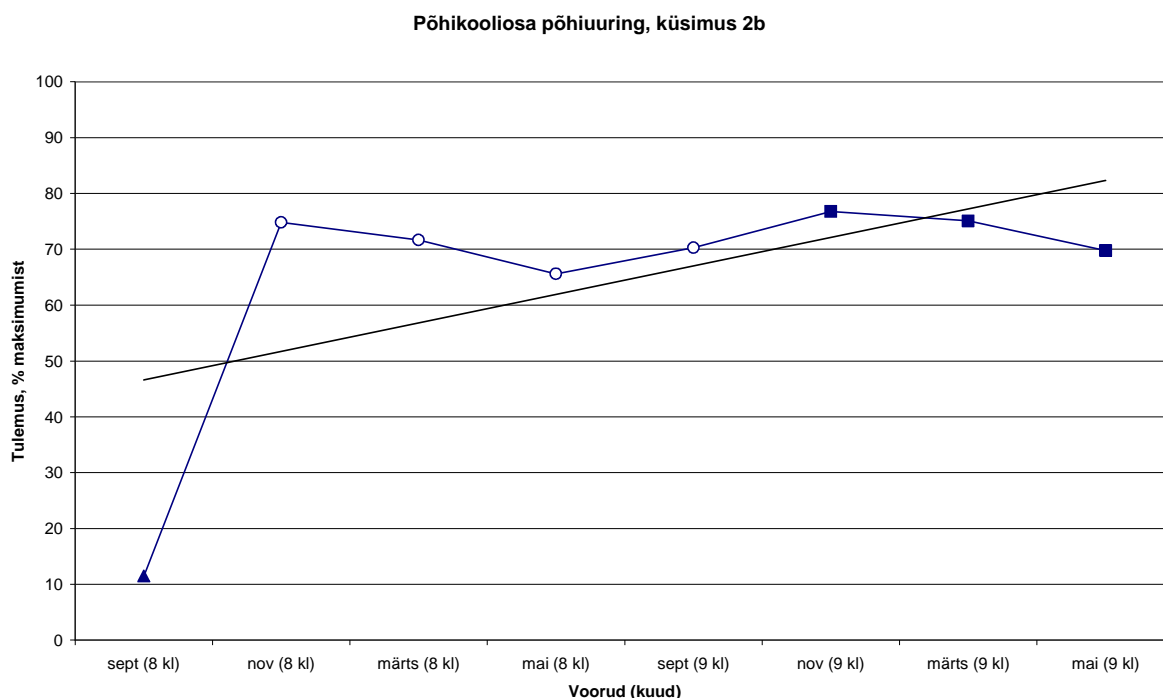


Joonis 4. Põhikooliosa põhiuuringu küsimuse 2a keskmised tulemused

Küsimus 2b.

Küsimus uurib, kas õpilased oskavad kasutada perioodilisustabelit ning selle abil elektronide arvu järgi aatomi ehituse kohta järeldusi teha. Küsimus nõuab ehk natuke rohkem teadmiste rakendusoskust kui küsimus 2a. Õpilane peab teadma, et aatom on neutraalne osake, milles elektronide ja prootonite arv on võrdne. Suurim punktide arv, mis selle küsimuse eest saada võis, oli 3.

Madalaim tulemus on jällegi 8. klassi septembris – 0,34 punkti (11,5%), mis tõuseb 8. klassi novembriks 2,24 punktini (74,8%) ($p < 0,05$). Ka selle küsimuse juures on edasise vastamise tase suhteliselt hea, kõikudes 1,97 punktist (65,6%) 8. klassi mais 2,30 punktini (76,8%) 9. klassi novembris. Statistiliselt olulisi muutusi rohkem ei ole.



Joonis 5. Põhikooliosa põhiuuringu küsimuse 2b keskmised tulemused

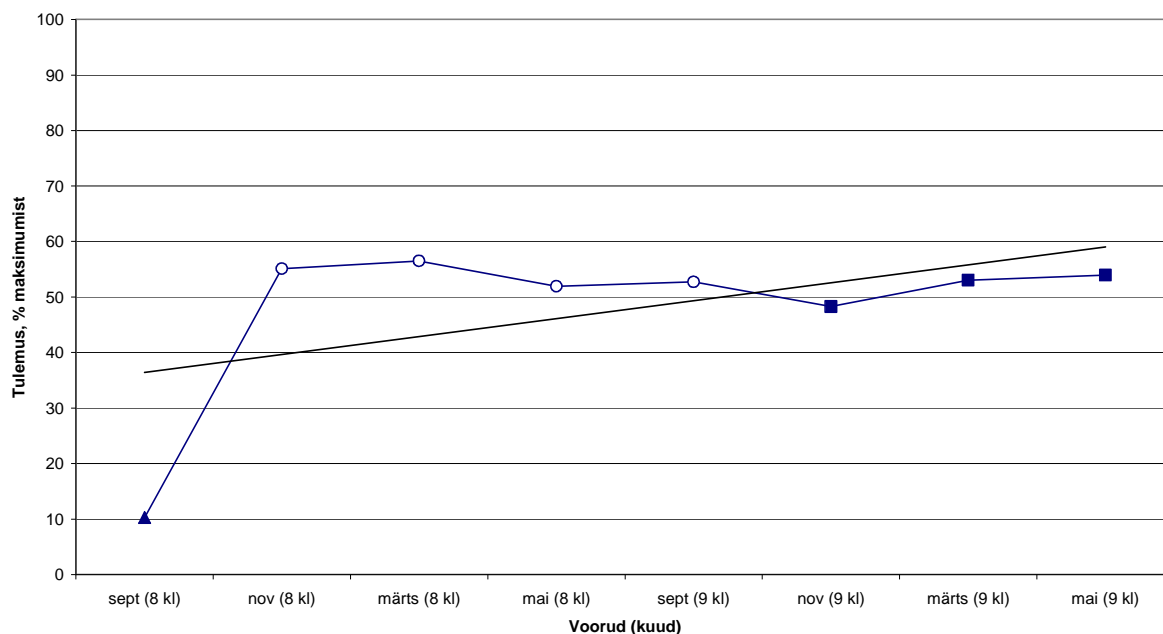
Küsimus 3.

Küsimusega taheti kontrollida, kas õpilane saab aru ionide tekkimise põhimõttest ja oskab ionide laengut arvutada liidetavate/lahutatavate elektronide arvu põhjal.

Küsimuse juures on suurimaks komistuskiviks elektronide negatiivse laenguga arvestamine elektronide arvu suurenemisel või vähenemisel. Miinuse mõiste on ilmselt selles eas õpilastele pisut liiga abstraktne ning negatiivse arvu liitmine või lahutamine valmistab paljudele raskusi. Teisalt on sarnaseid ülesandeid ka õpikutes ja töövihikutes, nii et ülesanne on harjutatav ja ka eeldatavasti harjutatud. Maksimumpunktide arv selleküsimuse eest oli 4.

Ka selle küsimuse puhul on ainuke statistiliselt oluline erinevus 8. klassi septembri ja novembri voorude vahel (0,41 punktist 2,20 punktini – 10,3% - 55,1%, $p << 0,05$). Edasised tulemused jäid 50 % (2 punkti) lähedusse - 1,93 punkti (48,3%) oli miinimum (9. klassi novembrivoorus) ja 2,26 punkti (56,5%) oli maksimum (8. klassi märtsis). Üldine tase oli küllaltki madal, eriti kui arvestada seda, et küsimust on koolis harjutatud.

Põhikooliosa põhiuuring, küsimus 3



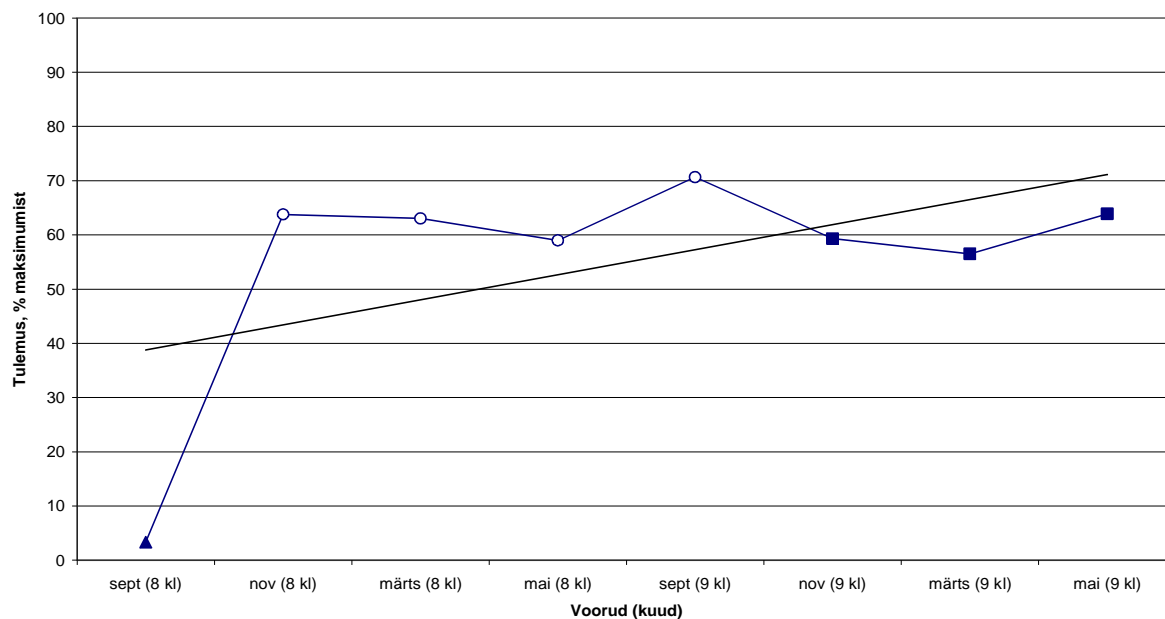
Joonis 6. Põhikooliosa põhiuuringu küsimuse 3 keskmised tulemused

Küsimus 4.

Selle küsimusega kontrolliti oskust seostada elemendi asukohta perioodilisustabelis tema aatomi ehitusega ja võimega liita või loovutada elektrone. Aatomi ehituse põhimõtete tundmisel on võimalik õige vastus loogiliselt välja tuletada. Küsimus oli täpselt samal kujul nii põhikooli kui gümnaasiumiosa testis. Sarnaseid küsimusi esineb jällegi ka õppematerjalides. Punkte oli küsimuse eest võimalik saada 2.

Tulemuste miinimum oli jällegi, nagu eeldada võis, 8. klassi septembris (0,07 punkti, 3,33%). Tulemus tõusis 8. klassi novembriks 1,28 punktini (63,8%, erinevuse $p < 0,05$). Teine statistiliselt oluline muutus oli tõus 8. klassi maikuu tulemuse ja 9. klassi septembri tulemuse vahel (1,18 – 1,41 punkti, 59,0% - 60,7%, $p = 0,04$). Siin on tegemist samade õpilastega, kuid vahepeale jääb suvi. Kolmas oluline muutus toimub 9. klassi septembrist novembrini (1,41 – 1,86 punkti, 60,7% - 59,3%, $p = 0,02$), kusjuures õpilased ei ole samad. Kokkuvõttes püsivad tulemused siiski küllalt stabiilselt 60 - 70% juures, mis on suhteliselt parem tulemus.

Põhikooliosa põhiuuring, küsimus 4



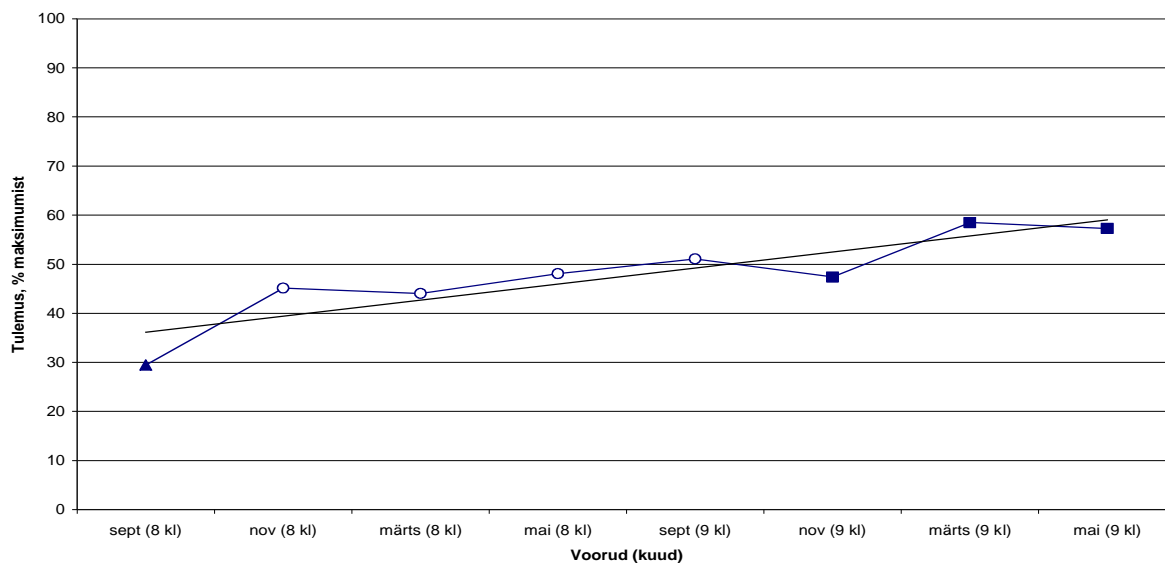
Joonis 7. Põhikooliosa põhiuuringu küsimuse 4 keskmised tulemused

Tüüpiliseks veaks oli liidetavate ja loovutatavate elektronide ära vahetamine ja see võib viidata vähesele süvenemisele küsimusse. (Vt. Ka põhikooli ja gümnaasiumi võrdlus)

Küsimus 5.

Erinevalt teistest küsimustest esitati see küsimus visuaalsete mudelite näol (vt. Lisa 1).

Põhikooliosa põhiuuring, küsimus 5



Joonis 8. Põhikooliosa põhiuuringu küsimuse 5 keskmised tulemused

See küsimuse korral on tarvis jooniseid uurides tunda ära osakeste ehitust kujutavad skeemid. See küsimus on kergesti vastatav ka lihtsalt loogikat järgides (näiteks - CO₂ ilmselt sisaldab kolme aatomit, millest kaks on ühesugused – joonis b). Muidugi peab selge olema aine valemi lugemine. See on hea küsimus visuaalsete mudelite abil mõtlevale inimesele. Selle küsimuse eest saadavate punktide arvestamine oli pisut keerulisem (vt. Lõpptesti koostamine), maksimumpunktide arv põhikooli testis oli 7.

See küsimus on õpilastele küllalt uudne – sarnaseid küsimusi esineb vaid mõnedes töövihikutes. Küsimus peaks näitama, kas õpilasel on tekkinud mingi ettekujutus aatomitest ja molekulidest ja kas õpilane suudab nendest luua visuaalse pildi ning selle alusel otsustada ?

Küsimusele vastamises on täheldatav selge tulemuste paranemine (30%-lt kuni 60%-ni). Statistiliselt olulisi „hüppeid“ oli kaks – 8. klassi septembrist novembrini (2,06 – 3,16 punkti, 29,4% - 45,1%, $p < 0,05$) ja 9. klassi novembrist märtsini (3,32 – 4,09 punkti, 47,7%- 58,5%, $p < 0,05$).

Tulemuste paranemine võib olla tingitud nii seostamisoskuse kui ka mudelitega opereerimisvõime arenemisest õpilase vanemaks saades.

3.2.1.3 Põhiuuringu võrdlus paralleelklassidega

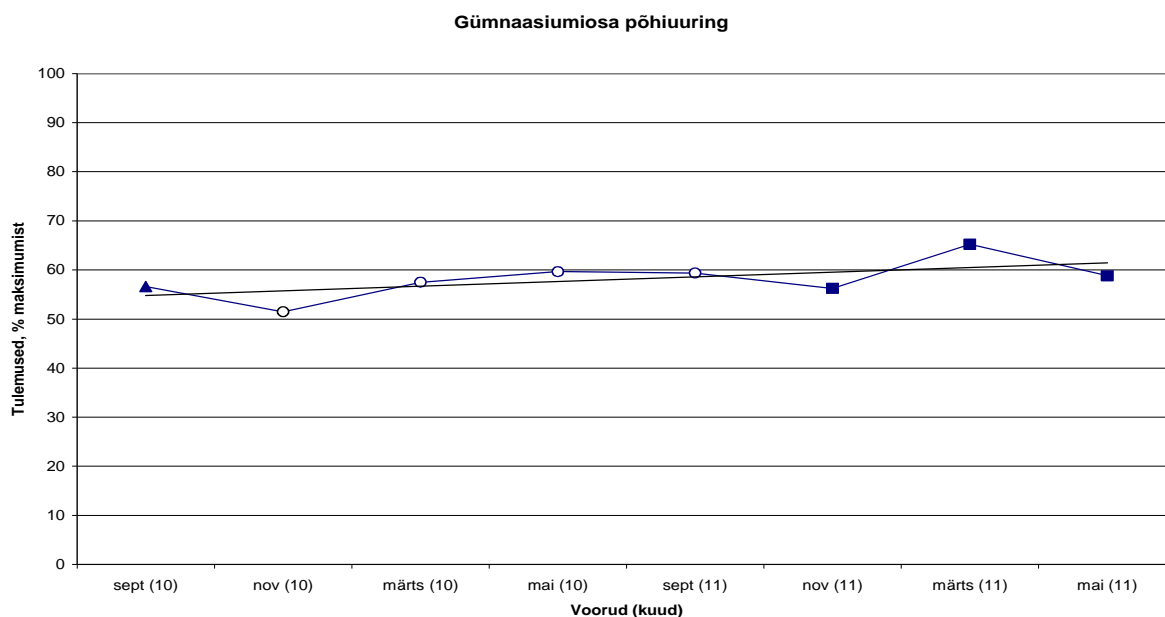
Paralleelklassid hõlmati uuringusse kahe kooli puhul. Kokku osales paralleelklasside uuringus põhikoolis 8. klassis 46 õpilast ja 9. klassis 47 õpilast. 8. klassis olid põhiuuringu ja paralleelklasside tulemused (võttes arvesse vaid neid koole, kus paralleelklasside uuring toimus) vastavalt 43,5% ja 62,0% (põhiuuringu tulemused olid paralleelklassi omadega võrreldes halvemad mõlema kooli puhul). 9. klassis oli tulemused põhiuuringus 58,6% ja paralleelklassides 53,4% (Jällegi mõlema kooli puhul olid põhiuuringu tulemused pisut, kuid statistiliselt ebaoluliselt paremad kui paralleelklasside omad). 8. klassis omab tulemuste erinevus ka statistilist olulisust ($p=0,001$), kuid 9. klassis mitte ($p=0,1$). Põhikooli uuringuid kokku liites saadi põhiuuringu tulemuseks 52,7% ja paralleelklassidel 57,7%, tulemuste erinevus ei olnud statistiliselt oluliselt erinev ($p=0,07$).

Põhikooli puhul võib seega öelda, et testi mitmekordne täitmine ei mõjutanud testi tulemust positiivses suunas, 8. klassi puhul olid tulemused isegi negatiivsed.

3.2.2 Gümnaasiumiosa tulemused ja arutelu

Gümnaasiumiosa uuringus võeti kõikides voorused arvesse kokku 1075 testi. Gümnaasiumi kümnendas klassis uuriti esimeses voorus (november) 118, teises voorus (märts) 119, kolmandas (mai) 99 õpilast, neljandas (september) 112 õpilast. Üheteistkümnendas klassis jagunesid õpilased vastavalt: I voor – 123, II voor 99, III voor – 70 ja IV voor – 66 õpilast. Paralleelklasside uuringus osales 10. klassis 46 ja 11. klassis 35 õpilast. IV vooru juures uuriti ka uusi koole, nendes uuriti 10. klassis 105 ja 11. klassis 83 õpilast neljast koolist.

3.2.2.1 Põhiuuringu kokkuvõte



Joonis 9. Gümnaasiumiosa põhiuuringu keskmised tulemused

Gümnaasiumiosas kõikisid tulemused 50% - 65% vahel ja statistiliselt olulisi muutusi oli rohkem kui põhikoolis - kolm. 11. klassi märtsikuu vooru tulemus oli parim - 65,2%. Mõningane langus 10. klassi novembris võrreldes septembriga (56,6% - 51,5%; $p < 0,05$)

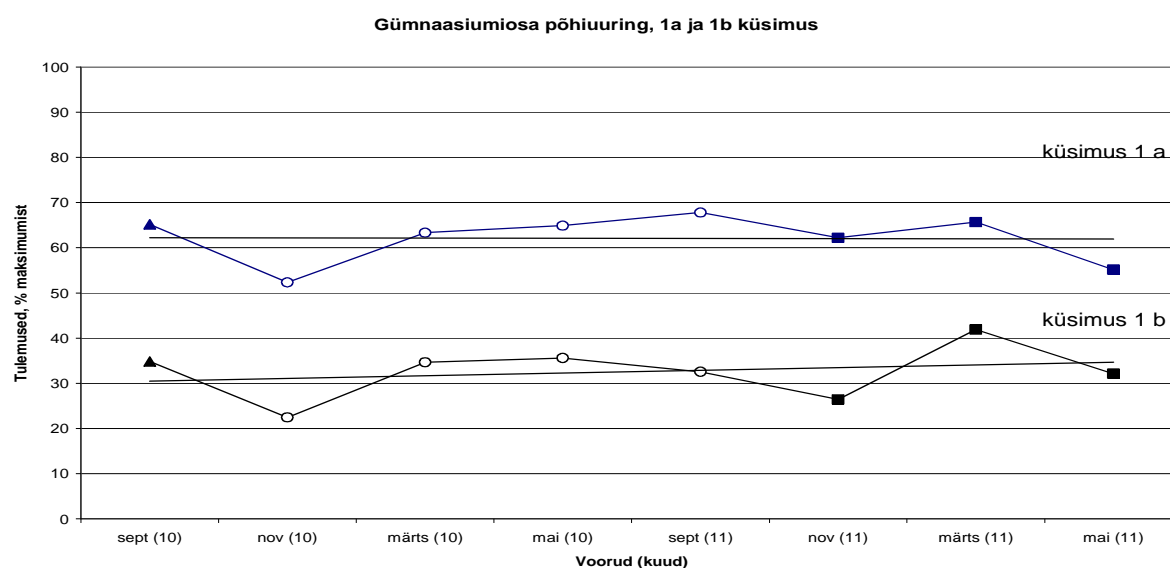
võis olla mõnevõrra juhuslik, arvestades et 10. klassi septembrivooru õpilased ei olnud needsamad, kes novembrivoorus. Mõnevõrra üllatav on see, et erinevus 10. klassi maikuu ja 11. klassi septembri vahel ei ole märkimisväärne (59,7% - 59,4%; $p=0,5$). Siin on tegemist enamasti samade õpilastega, kuid vahepeale on jäänud suvi. Seevastu märgatav langus on 11. klassi kevadel – 11. klassi märtsivooru tulemus on 65,2%, kuid maikuus juba 58,8% ($p=0,02$). Oluline testitulemuste tõus on veel 11. klassi novembri ja märtsi voorude võrdluses (56,2% - 65,2%, $p<<0,05$).

Tulemused 50% – 65% läheduses ei tundugi esmapilgul väga halvad. Teisalt on tegemist keemia põhialustega, vundamendiga. Seda tundmata/omandamata ei suuda õpilased ka edasisi teemasid aatomi ehituse ja keemilise sidemega seostada ning keemia õppimine muutubki faktiteadmiste pähetuupimise jadaks.

3.2.2.2 Põhiuuring küsimuste kaupa

Küsimused 1a. ja 1b.

Küsimus oli sarnade põhikooliosa 1a. ja 1b küsimustele ning nende esitamise eesmärk oli samuti sarnane. Küsimuse 1a puhul oli maksimaalselt võimalik saada 8 punkti ja 1b puhul 4 punkti.



Joonis 10. Gümnaasiumiosa põhiuuringu küsimuste 1a ja 1b keskmised tulemused

Gümnaasiumiosas on mõlema küsimuse vastused keskmiselt väga stabiilsed (trend on mõlema puhul muutumatu, küll esineb voorude vahel statistiliselt olulisi muutusi). Küsimuse 1a puhul kõiguvad erinevate voorude tulemused 67,8% (maksimum) - 52,3% (miinimum), kuid keskmine tulemus on üldiselt muutumatu – 62,3% juures. 1b küsimus on gümnaasiumiosas (nagu ka põhikoolis) nõrgemini vastatud – 22,5% miinimum – 41,9% maksimum, kuid suundumus (trend) on nõrgalt positiivne.

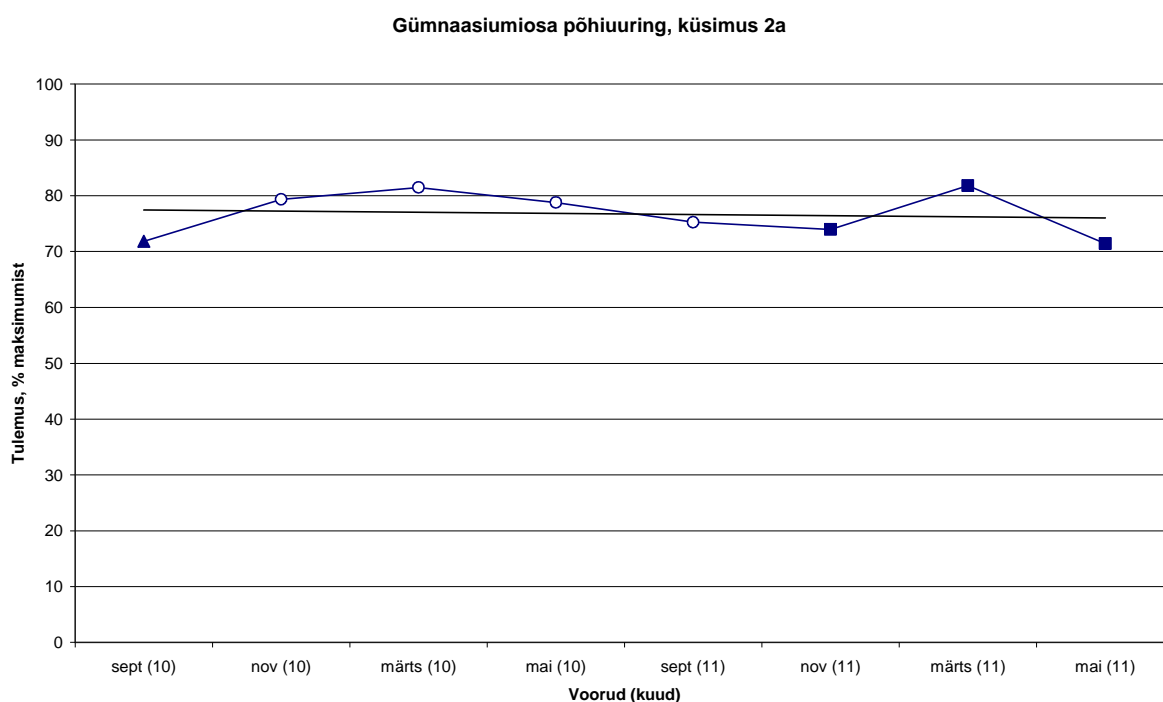
Statistiliselt olulised on erinevused küsimuse 1a. puhul 10. klassis septembri ja novembri tulemuste vahel (5,21 punktilt 4,19 punktile, 65,1% - 52,3, $p < 0,05$) ning novembri ja märtsi tulemuste vahel (4,19 punktilt 5,07 punktini, 52,3% - 63,3%, $p = 0,001$). 11. klassis tuleb statistiliselt oluline erinevus 1a küsimuse puhul välja märtsist (5,25 punkti, 65,7%) maini (4,41 punkti, 55,2%), $p = 0,008$. Küsimuse 1b puhul on statistiliselt olulised erinevused täpselt samade voorude vahel, kuid lisandub veel 11. klassi novembri ja märtsi voorude vaheline erinevus (1,06 punktilt 1,68 punktini, 26,4% - 41,9% $p < 0,05$). Teiste oluliselt erineva tulemusega voorude tulemused on vastavalt järgmised: 10. klassi septembrist (1,39 punkti, 34,8%) novembrini (0,90 punkti, 22,5%), $p < 0,05$; novembrist märtsini (1,39 punkti, 34,7%) $p < 0,05$; 11. klassi märtsist (1,68 punkti, 41,9%) maini (1,29 punkti, 32,1%), $p = 0,03$. Mõlema küsimuse korral on tõusud ja langused sarnase dünaamikaga.

Mõlemale küsimuse osale tehti ka väärarusaamade analüüs (vt Lisa 4). 1a. Küsimuse analüüsist selgub, et nagu põhikooliski, ei pea suur osa vastajatest fluori molekuli molekuliks. H_2S – ga on probleeme 5,9%-l vastanutest, mis on keskmiselt pisut kõrgem protsent kui põhikoolis (5,2%). Kui võrrelda ionide osas välja tulnud H_2S iooniks pakkumise protsendiga 13,0 – siis võib arvata, et ka siin võib olla tegemist väärarusaamaga. 1b osas oli kõige sagedasem viga metallilise sidemega ühendite näideteks erinevate metalliühendite pakkumine (25,8% vastustest). Ka molekulide näideteks pakuti väga sageli erinevaid metalliühendeid (13,2% juhtudest).

Küsimus 2.

Küsimus 2 koosnes kolmest osast. 2a osas pidi õpilane leidma elektronskeemi järgi ning perioodilisustabeli abil elektronide, prootonite ja neutronite arvu aatomis. Küsimuses võis mõningaid raskusi tekitada vaid neutronite arvu leidmine. Küsimuse sõnalises osas oli

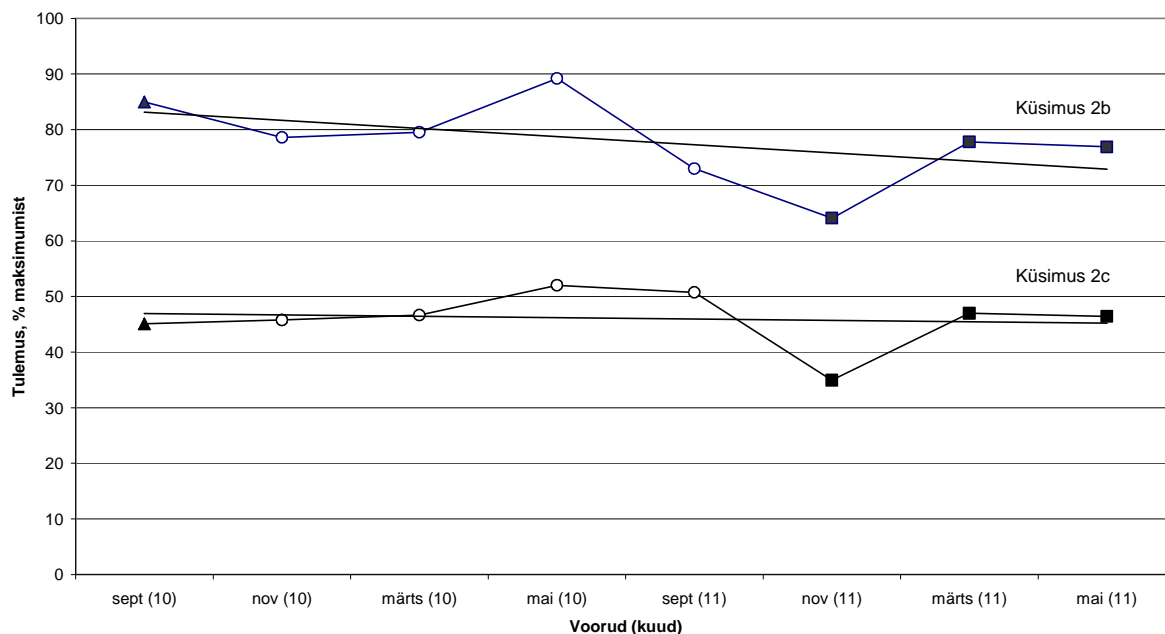
pakutud ka isotoop, seega oli küsimus vastatav ka ilma tabeli abita. 2b küsimus oli sisuliselt elektronvalemi lugemise oskuse peale. 2c küsimuses tuli pakkuda 2b küsimuse põhjal välja kõige metalliliseim ja ka kõige mittemetallilisem element kolmest etteantust ning oma valikut ka põhjendada, seega tuli oma teadmisi osata rakendada elemendi aatomi metalliliste või mittemetalliliste omaduste hindamisel. Kuna kasutada oli ka perioodilisustabel, on võimalik et õpilased otsisid vastavad elemendid ka tabelist välja ja otsustasid selle põhjal. Ka selle eelduseks on vähemalt teadmine, et elektronide ja prootonite arv on neutraalses aatomis võrdne. Maksimumpunkte oli küsimuste eest võimalik saada vastavalt 2a – 3 punkti, 2b – 6 punkti, 2c – 2 punkti (põhjendus jäi punktiarvestusest välja).



Joonis 11. Gümnaasiumiosa põhiuuringu küsimuse 2a keskmised tulemused

Küsimus 2a on suhteliselt hästi vastatud – tulemus on kõikides voorudes üle 70%, kahe voo puhul isegi üle 80%. Statistiliselt olulised muutused olid täheldatavad ainult 11. klassis – novembri ja märtsi voorude vahel tõus 2,22 punktilt (74,0%) 2,45 punktini (81,8%, $p=0,04$) ning märtsi ja mai voorude vahel langus 2,45 punktilt (81,8%) 2,14 punktini (2,14%, $p=0,03$).

Gümnaasiumiosa põhiuuring, küsimused 2b ja 2c.



Joonis 12. Gümnaasiumiosa põhiuuringu küsimuste 2b ja 2c keskmised tulemused

Küsimuse 2b vastatus on voorude kaupa väga erinev – tulemustes on selge langustrend. 10. klassis on vastatuse tase tunduvalt kõrgem kui 11. klassis. 11. klassis orgaanilise keemia enam elektronvalemeid otseselt ei käsitleta, kui õpetaja just süsiniku aatomi ehituse juures seda meelde ei tuleta, nii et tulemus on mingil määral ka mõistetav. Statistiliselt oluline on tõus 10. klassi märtsist (4,77 punkti, 79,6%) maini (5,35 punkti, 89,2%, $p=0,008$) Parim tulemus ongi 10. klassi maikuus (5,35 punkti, 89,2%), tulemus langeb suve jooksul oluliselt – 4,38 punktini (73,0%, $p=0,001$) ja sealt edasi langeb tulemus novembris madalaimale tasemele – 3,84 punkti ehk 64,1% (siiski mitte statistiliselt oluline langus - $p>0,05$). Statistiliselt oluline on hoopis tõus 11. klassi novembri ja märtsi voorude vahel – 3,45 punktilt 4,67 punktini (64,1% - 77,8%, $p=0,004$). Kokkuvõttes on tulemus hea – 60 ja 90% vahel.

Küsimus 2c on osutunud märksa raskemaks – tulemused kõiguvad 35% ja 50% vahel. Parim tulemus on 1,04 punkti ehk 52,0%, 10. klassi maikuus. Madalaim tulemus ilmneb 11. klassi novembris – 0,70 punkti, ehk 35,0%. Statistiliselt olulisi kõikumisi on kaks – 11. klassi septembrist novembrini langus 1,02 punktilt (50,8%) 0,70 punktile (35,0%, $p=0,02$) ja sellele järgnev tõus 11. klassi märtsini (0,94 punkti, 47,0%, $p=0,02$). Langus võib olla ka

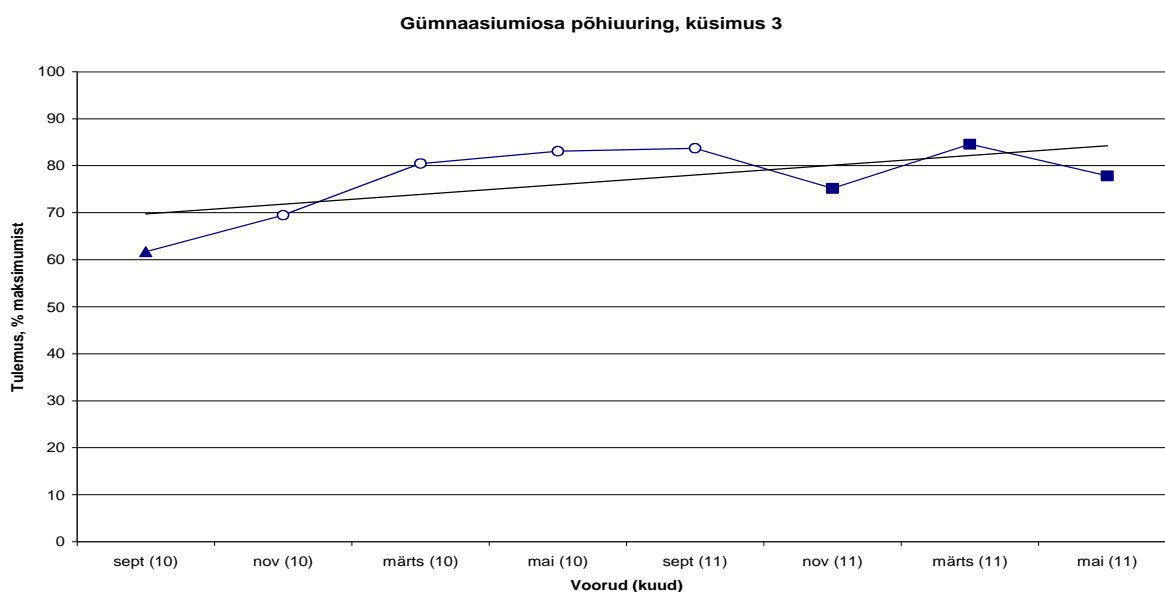
mõnevõrra juhuslik, kuna tegemist ei olnud samade õpilastega, kuid tõus ilmnes samade uuritavate puhul.

Huvitav on nentida, et nii 2b kui 2c küsimuse puhul ei ole 11. klassi lõpul märgatavat langust, mis kõikide teiste küsimuste korral suuremal või vähemal määral ilmneb.

Küsimus 3.

Küsimus 3 on jällegi sarnane (mõningate väikeste erinevustega) põhikooliosa testi küsimusele nr. 3. Küsimuses uuritakse, kas õpilane oskab elektrone liites ja loovutades ioone moodustada, kas on saanud aru elektronbilansi koostamise põhimõttest. Maksimumpunktide arv küsimuse eest oli 4.

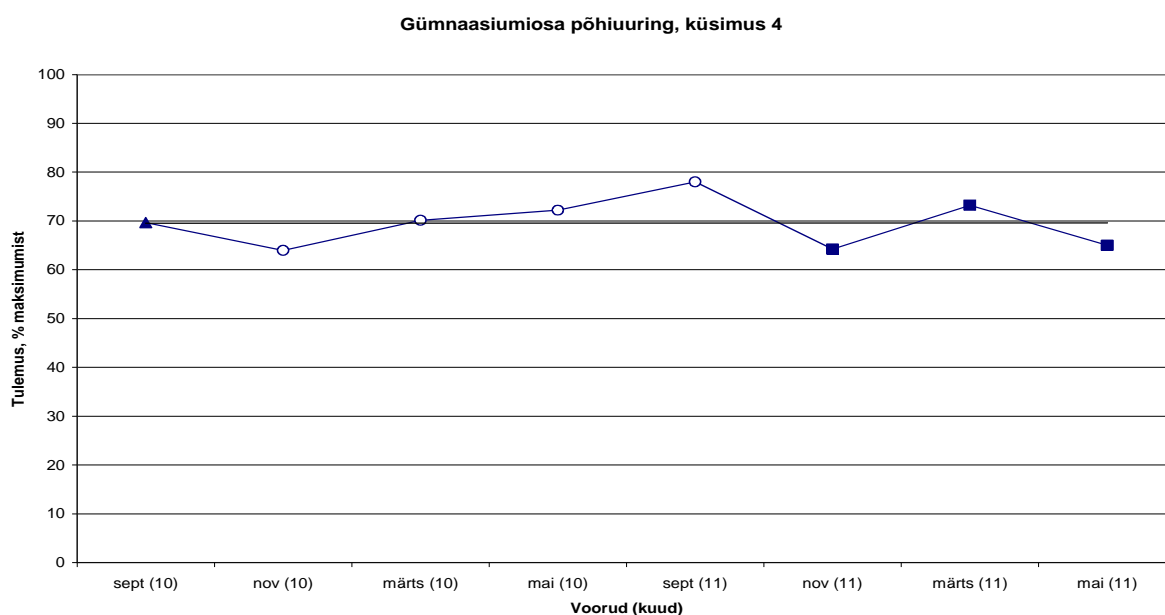
Gümnaasiumiosas on tulemused küllaltki head - miinimumtulemus on 2,47 punkti (61,7% 10. klassi septembris), maksimum 3,38 punkti (84,6%, 11 klassi märtsis). Statistiliselt olulised muutused esinevad 10. klassi novembri ja märtsi voorude tulemuste vahel (tõus 2,78 punktilt 3,22 punktini, 69,5% - 80,5%, $p=0,007$); 11. klassi septembri ja novembri vahel (langus 3,35 punktilt 3,01 punktile, 83,7% - 75,2%, $p=0,03$) ja tõus 11. klassi novembri ja märtsi voorude vahel (3,00 punktilt 3,38 punktini, 75,2% - 84,6%, $p=0,01$). Muutus 11. klassi märtsi ja mai vahel (langus 3,38 punktilt 3,11 punktile) on küll huvipakkuv, kuid statistiliselt ebaoluline (84,6%-lt 77,9%-le, $p=0,08$).



Joonis 13. Gümnaasiumiosa põhiuuringu küsimuse 3 keskmised tulemused

Küsimus 4.

Küsimus 4 on identne põhikooliosa sama küsimusega ning samad on ka küsimuse esitamise eesmärgid ning maksimaalne punktide arv (2 punkti). Tulemused kõiguvad 60% ja 80% vahel, ning statistiliselt oluline muutus esineb vaid 11. klassi septembrist novembrini (1,56 punktilt 1,28 punktile, 78,0% - 64,2%, $p=0,01$). Seega võib öelda, et küsimuse vastused on väga stabiilsed, ei esine suuri langusi ega tõuse, ning kogu gümnaasiumiosa summas on tulemus keskmiselt 70% juures, mis on hea tulemus.



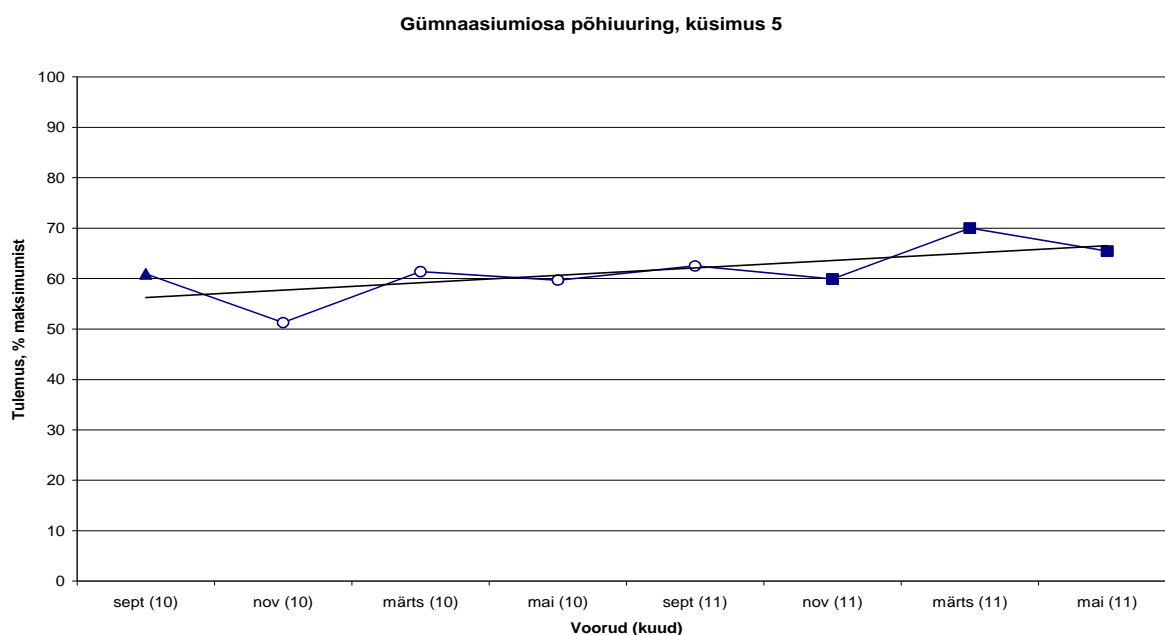
Joonis 14. Gümnaasiumiosa põhiuuringu küsimuse 4 keskmised tulemused

Küsimus 5.

Küsimuse 5 juures kasutati nii põhikoolis kui gümnaasiumis samu jooniseid, kuid küsimuse sisu oli pisut erinev, seega ka maksimaalne punktiarv (gümnaasiumiosas 10 punkti). Küsimuse esitamise eesmärk oli sama, mis põhikooli osas (vt. alapeatükk 2.2.1.2).

Tulemuste osas on täheldatav tõusutrend gümnaasiumi vältel. Miinimumtulemus on saadud 10. klassi novembris (5,13 punkti, ehk 51,3%) ja maksimumtulemus 11. klassi veebruaris (7,00 punkti, ehk 70,0%). Olulisemad kõikumised tulemustes olid järgnevad: langus 10. klassi septembrist novembrini (6,09 punktilt 5,13 punktile, 60,9% - 51,3%, $p=0,003$); tõus 10. klassi novembrist märtsini (5,13 punktilt 6,13 punktini, 51,3% - 61,3%, $p<<0,05$) ja

tõus 11. klassi novembri ja veebruari tulemuste vahel (5,99 punktilt 7,00 punktini, 59,9% - 70,0%, $p \ll 0,05$). Huvitavate tähelepanekutena võiks välja tuua peaaegu muutumatu tulemus 10 klassi veebruarist 11. klassi novembrini. Kuna küsimust sel kujul koolis üldse ei õpita, ei ole võimalik sellist tulemuste dünaamikat selgitada teemade käsitlemise ajagraafikuga. Üldine trend on siiski positiivne, mis on seletatav õpilaste arenguga ja seostamisoskuse ning mudelitega opereerimisoskuse paranemisega vanemas eas.



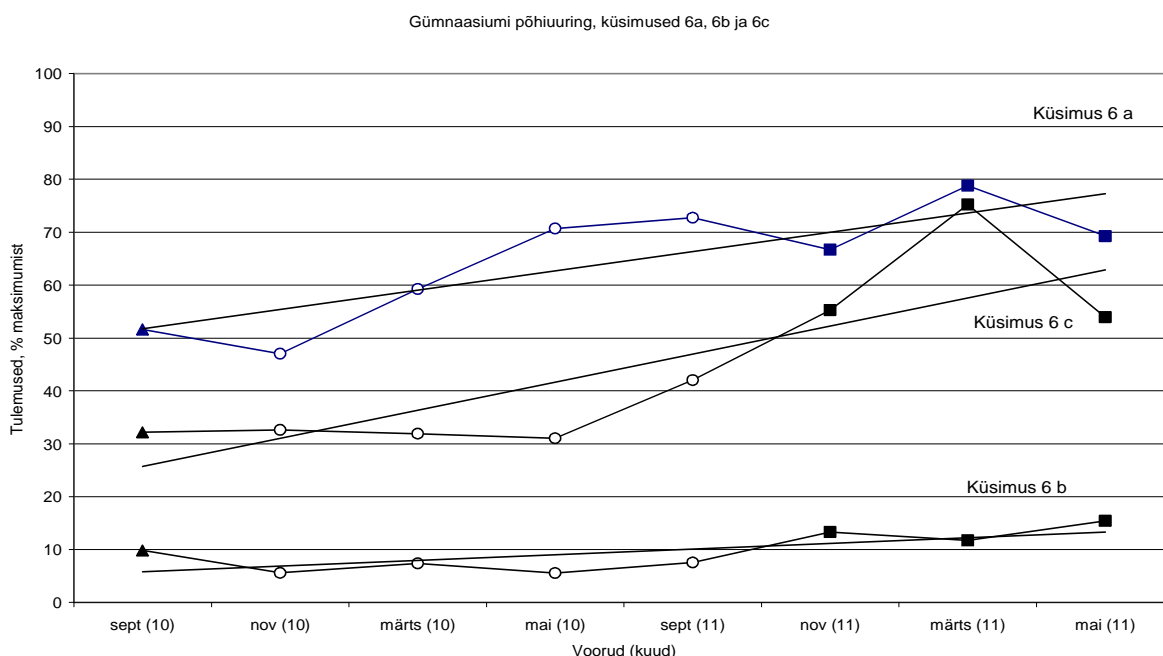
Joonis 15. Gümnaasiumiosa põhiuuringu küsimuse 5 keskmised tulemused

Küsimus 6.

Küsimus 6 jaguneb kolmeks osaks – 6a, 6b ja 6c, kuid kuna teema on sarnane, käsitletakse neid küsimusi siinjuures koos. Küsimus puudutab vesiniksidet ja vesiniksidet moodustava aine omadusi. 6a osas peab õpilane ära tundma õigeima osalaengute jaotusega vee molekuli skeemi. Siin on vaja teadmisi elektronegatiivsuste kohta või lihtsalt faktiteadmisenä meelde tuletada elektronpilve tiheduse jaotus vee molekulis. 6b osas ei ole võimalik lihtsalt äraõpitud faktiteadmisi meenutades õiget vastust pakkuda, vaid see tuleb tuletada vee molekuli polaarsuse ning vesiniksideme mõistmise põhjal. Küsimus on esitatud õpilastele küllaltki uudsel kujul ning nõuab vastajalt ka rohkem süvenemist. 6c puudutab vesiniksidet moodustava aine omadusi – seda on võimalik vastata nii loogiliselt tuletades (eeldusel et on olemas teadmised vesiniksidemest ja selle omadustest) kui ka lihtsalt faktiteadmisi meenutades.

Graafikutel toodud tulemused näitavad olulist kasvutrendi, eriti 6a ja 6c küsimuste osas. Kuivõrd 10. klassis käsitletakse vesiniksidet vaid põgusalt ning laengute jaotumist molekulist ja selle mõju molekuli omadustele, käsitletakse põhiliselt 11. klassis, on tulemus küllalt ootuspärane.

Kuna vesiniksides on küllaltki raske ja abstraktne teema, siis 10. klassis ei pruugi kõik õpilased selle mõistmiseni jõuda, kuid 11. klassis kus seda valdkonda käsitletakse põhjalikumalt, jõutakse üsnagi headele tulemustele (maksimum 6a ja 6c puhul peaaegu 80%). Küsimuse 6a puhul oli statistiliselt olulisi kõikumisi 3 – 10. klassi novembrist veebruarini (0,94 punktilt 1,18 punktini, 47,0% - 59,2%, $p=0,03$) ja seal edasi 10. klassi maini (1,41 punkti, 70,7%, $p=0,04$). 11. klassi märtsi tulemus (1,57 punkti, 75,3%) oli oluliselt parem novembreiga võrreldes (1,33 punkti, 66,7%, $p=0,02$). Küsimuse 6c puhul olid statistiliselt olulised erinevused 11. klassi kõikide voorude vahel. 11. klassi septembrist (1,68 punkti, 42,1%) novembrini (2,21 punkti, 55,8%) esines oluline tõus ($p=0,02$), tõus jätkus ($p<<0,05$) märtsini (3,01 punkti, 75,3%), sellele järgnes langus maikuu vooruni (2,16 punkti, 53,9%, $p=0,001$)

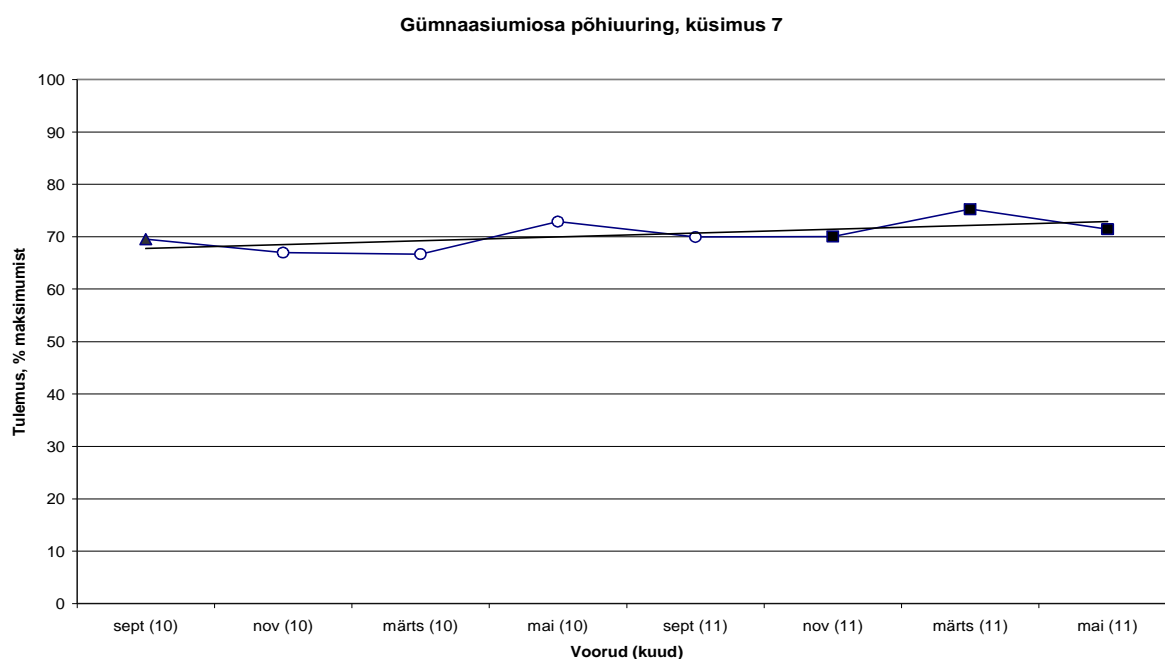


Joonis 16. Gümnaasiumiosa põhiuuringu küsimuse 6 eri osade keskmised tulemused

Küsimus 6b on osutunud õpilastele väga raskeks ning tulemused on väga nõrgad – maksimaalselt 13,3% (11. klassi november, mis paradoksaalselt on teiste küsimuste puhul enamasti suhteliselt madala tulemusega). Küsimuse 6b puhul mängib ilmselt rolli küsimuse täiesti uus kuju ning vajadus süveneda joonistesse. Võimalik et kõik vastanud ei saanud ka joonistest aru või lihtsalt loobusid vastamast. Ainuke oluline muutus oli 10. klassi septembri (0,48 punkti, 9,84%) ja novembri (0,28 punkti, 5,59%) voorude vahel esinev langus ($p=0,048$).

Küsimus 7.

See küsimus esitati vaid gümnaasiumiosa testis. Küsimus uurib seda, kas õpilased oskavad seostada keemilise sideme iseloomu aine omadusega juhtida elektrit. Õiged vastused on tuletatavad loogiliselt, tundes keemilise sideme tüüpide eripärasid ja omades teadmisi ka elektrijuhtivusest ning neid teadmisi rakendades, kuid küsimus on vastatav ka puhtalt faktiteadmistele tuginedes (eeldusel et need on olemas). Mõne pakutud näite puhul on vastus tuletatav ka igapäevaelu silmas pidades (näiteks kasvõi metallide elektrijuhtivus). Maksimumpunktide arv oli 6.



Joonis 17. Gümnaasiumiosa põhiuuringu küsimuse 7 keskmised tulemused

Tulemused on väga stabiilsed püsides 70% juures. Ainuke statistiliselt oluline muutus on täheldatav 10. klassi märtsist maini (4,00 punktilt 4,37 punktini, 66,7% - 72,9%, $p=0,02$). 10. klassis, kus käsitletakse anorgaaniliste ainete klasse süvendatumalt, oleks oodanud suuremat muutust testitulemustes, kuid ka testitulemuse stabiilsus on heaks näitajaks, eriti kuna tulemus on keskmiselt hea.

Mitmete gümnaasiumiosa küsimuste tulemustes on märgatav madalseis 11. klassi novembris. Teine läbiv langus on peaaegu kõikide küsimuste puhul 11. klassi märtsi ja mai voorude vahel.

3.2.2.3 Põhiuuringu võrdlus paralleelklassidega

Gümnaasiumiosas uuriti samuti kahe kooli puhul ka paralleelklasside tulemusi, et hinnata, kui võrd testi mitmekordne tegemine tulemusi mõjutab. Kokku osales paralleelklassidest uuringus 10. klassis 46 õpilast ja 11. klassis 35 õpilast. 10. klassis olid põhiuuringu ja paralleelklasside tulemused (võttes taas arvesse vaid neid koole, kus paralleelklasside uuring toimus) vastavalt 54,4% ja 41,3% (põhiuuringu tulemused olid paralleelklassi omadega võrreldes paremad mõlema kooli puhul). 11. klassis oli tulemused põhiuuringus 53,3% ja paralleelklassides 35,4% (Jällegi mõlema kooli puhul olid põhiuuringu tulemused paremad kui paralleelklasside omad). Nii 10. kui 11. klassis omavad tulemuste erinevused ka statistilist olulisust (mõlemal juhul $p \ll 0,05$) Gümnaasiumiosa uuringuid kokku liites saadi põhiuuringu tulemuseks 53,9% ja paralleelklassidel 38,7%, tulemuste erinevus oli statistiliselt oluliselt erinev ($p \ll 0,05$).

Kokkuvõtteks tuleb öelda, et gümnaasiumiosa puhul on testi mitmekordne täitmine tõepoolest tulemusi positiivses suunas mõjutanud, mis tähendab seda, et teise ja kolmanda (10.-11. klassi vahel ka neljanda) vooru tulemused võiksid olla halvemad, kui testitavad oleks täitnud testi esimest korda.

3.3 Gümnaasiumi ja põhikooli tulemuste võrdlus

3.3.1 Gümnaasiumi ja põhikooli võrdlus

Keskmiselt jäid testide tulemused 50% – 60% juurde maksimumist. Võrdluseks võiks välja tuua, et umbes samal tasemel on tehtud mitmeid aastaid ka riigieksameid keemias (tulemused ca. 60% juures) (Keemia Riigieksam 2000, Keemia Riigieksam 2003). Riigieksamite valguses pole tulemused väga halvad, kuna riigieksami valib kõigest umbes viiendik õpilastest ning eeldatavasti tunnevad need õpilased ennast keemias kindlamalt ning ka valmistuvad eksamiks ette. Antud testi tegijad on tavalised õpilased, kes testi tegemiseks spetsiaalselt ette polnud valmistunud.

Põhikooli osas püsivad tulemused suhteliselt stabiilsetena. Gümnaasiumiosas võib aga selgelt täheldada langustendentsi kevadel, eriti 11. klassis. Kas on tegemist kevadväsimusega ja keemia läheb lihtsalt meelest? Siin võiks arvata, et kui paljud õpilased lõpetavad oma keemiaõpingud 11. klassis ning enam ka keemia eksamit ei tee, ega 12. klassis valikainena keemiat ei õpi, on nad huvi keemia vastu kaotanud. Põhikooli osas sellist probleemi ei paista olevat.

3.3.2 Gümnaasiumi ja põhikooli tulemuste võrdlus sarnaste küsimuste lõikes

Küsimus 2

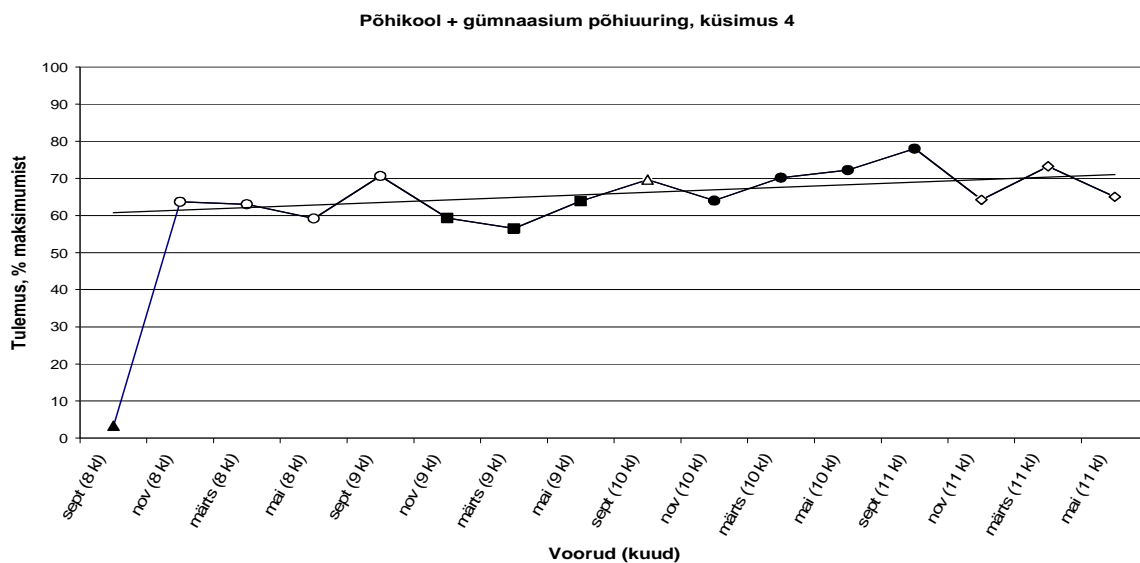
Küsimus 2 on põhikooli ja gümnaasiumi osas küll erinev, kuid teema on võrreldav. Oma põhimõttelt analoogne nii põhikooli kui gümnaasiumi jaoks on küsimuse 2a. Põhikoolis jõuab sellele küsimusele vastamise tulemus küllalt kõrgele – õigete vastuste osakaal on üle 80%. Gümnaasiumiosas on keskmine tulemus madalam - 70-80% maksimumist. Oluline on see, et tulemus püsib voorude jooksul põhikoolis ja gümnaasiumis peaaegu samal tasemel. Sellisel kujul õpitakse prootonite, neutronite ja elektronide arvu leidmist 8. klassis, hiljem korratakse teema erineval kujul üle nii 9. kui ka 10. klassis. Kuigi tulemus ei ole halb, ei ole märgata ka kasvu ega väga olulist muutust teema uuesti üle õppimise ajal (näiteks 10. klassi algul).

Küsimus 3

Küsimus 3 on põhikooli ja gümnaasiumi osas praktiliselt samal kujul, väikesed erinevused esinevad ionide laengutes. Maksimalne võimalik punktide arv on samuti sama. Koolikeemias käsitletakse ionide teket esmakordselt 8. klassi teisel semestril, edasi korratakse teema üle 9. klassis perioodilisussüsteemi teema juures ning ka 10. klassis. Tulemused on põhikooli osas suhteliselt nõrgad (~50%), kuid 10. klassis on täheldatav selge (ja ka statistiliselt oluline) tulemuste paranemine ning lõpuks jääb keskmine tulemus 70-80% juurde. Siin on ilmselt õpilase areng jõudnud sellele tasemele, kus ta hakkab mõistma miinuslaenguga elektroni liitmise ja lahutamise põhimõtet.

Küsimus 4

Kuna küsimus esines täpselt samal kujul nii põhikooli kui gümnaasiumi osas, on võimalik seda ka koos käsitleda. Eelpool on toodud nii gümnaasiumi kui ka põhikooli osas täpsem arutelu nende küsimuste kohta. Põhikooli ja gümnaasiumi vahel (mai 9. klass ja sept 10. klass) muutub tulemus üllatavalt vähe ja statistiliselt mitteoluliselt (63,9% - 69,7%, $p > 0,05$). Siin ei ole tõenäoliselt tegemist samade õpilastega, kuigi koolid on samad, sest õpilaskontingent tavaliselt muutub 9. ja 10. klassi vahel ja gümnaasiumisse võetakse õpilasi reeglina katsetega erinevatest põhikoolidest. Sellega võib seletada ka tulemuse kergest kasvu, kuigi suve jooksul tõenäoliselt aatomi ehituse teemat juurde ei õpita – pigem võiks arvata et unustatakse.



Joonis 18. Põhikooli ja gümnaasiumiosa testi küsimus 4 tulemuste kokkuvõte

Sellele küsimusele vastamisel on näha tulemuste olulist paranemist ainult 8. klassi alguses (septembrist novembrini). Edaspidi tulemus eriti ei parane, kuigi aatomi ehituse seostamist perioodilisustabeliga käsitletakse keemiakursuste jooksul mitmeid kordi. Kas seda tulemust lugeda heaks või halvaks? Suhteliselt stabiilsed tulemused võivad viidata sellele, et kui õpilane on kord ära õppinud algoritmi, mille alusel sellisele küsimusele vastata saab, siis see niipea ei unune. Teiselt poolt võiks siiski oodata märgatavamalt tulemuste paranemist 10. klassi alguses, arvestades, et aatomi ehituse teemat käsitletakse sel ajal uuesti. Siit tekib küsimus, kas teema süvendatud õpetamine 10. klassis on piisavalt efektiivne? Õpilastel võib tekkida illusioon, et kuna seda teemat on juba korra käsitletud, pole sellesse enam vaja süveneda.

Küsimus 5

Küsimus 5 on põhikooli ja gümnaasiumiosa testis visuaalselt sarnane (sama joonis, samad mudelid), kuid gümnaasiumiosas küsitakse õpilaselt pisut rohkem, keerulisemalt ning üldistatumalt. Vastavalt jagunevad ka maksimumpunktid (vt. alapeatükid 2.2.1.2 ja 2.2.2.2). Hoolimata sellest, et gümnaasiumiosas esitati küsimus eeldatavasti keerulisemana, on põhikooli tulemused võrreldes gümnaasiumiosa tulemustega märksa halvemad. Tulemused on läbi põhikooli ja gümnaasiumi pidevas tõusutrendis. Põhikooli tulemused tõusevad 30%-lt kuni 60%-ni ning gümnaasiumiosa tulemused jätkavad tõusu 60%-lt kuni 70%-ni (gümnaasiumiosa lõpus tekib küll väike langus, kuid see pole statistiliselt oluline). Seda küsimust täpselt sellisel kujul ei õpita ega harjutata põhikoolis ega gümnaasiumis. Eriti just põhikooli ja gümnaasiumi võrdluses selgesti välja tulev tulemuste paranemine võib viidata sellele, et gümnaasiumiosas on õpilastel juba parem mudelitega mängimise ja seostamise oskus kui põhikoolis.

3.3.3 Lisaküsimuste võrdlus

Testi lõpus olid ka mõned lisaküsimused (Vt. Lisad 1 ja 2). Analüüsimiseks olgu siinjuures ära toodud küsimus testi raskusastme ja testi raskuse „põhjenduse“ kohta.

Tabel 1. Põhikooli ja Gümnaasiumi levinuimate „põhjenduste” võrdlus (Vt. Lisa 5)

	Põhikool	Gümnaasium
Esmakordselt testitavate arv	660	631
Vastanuid	347	273
Sh. Kaks põhjust välja toonuid	75	38
Vastamata	313	358
Õpitu on meelest läinud/ mälu on halb/ mitte midagi ei ole meeles/ mälu puudub	184	129
Ei oska keemiat/ ei saa keemiast aru/ keemia on raske	17	39
Pole veel õppinud seda teemat	28	13
Ei oska/ ei tea (ei oska konkreetset ülesannet)	80	31
Ei korranud enne testi	9	10
Pole selliseid ülesandeid varem lahendanud/ sellist ülesannet ei oska	9	11
Ei tea miks on raske (test)/ lihtsalt on raske	9	11
Tuli mõelda/ ei viitsinud mõelda	8	6
Ammu õpitud teema (ka kui oli kirjas eelmine aasta õpitud)	22	7
Joonised või ülesanne segane	20	3

Nii põhikooli kui ka gümnaasiumi osas on esimesel kohal kindlalt probleemid mäluaga, mis viitab sellele, et õpilane kipub keemias tuginema vaid äraõpitud faktidele, mitte niivõrd loogilisele mõtlemisele ja seostamisoskusele. Kahtlemata on osa keemiateadmistest üles ehitatav ainult konkreetsetele faktiteadmistele, kuid rohkem tuleks tähelepanu pöörata ikkagi arusaamisele ja loogilise mõtlemise arendamisele. Võimalik on ka, et õpilane mitte ei mäleta, vaid pole teemat üldse selgeks saanud – vähesed julgevad öelda, et ei saa aru, lihtsam on öelda, et olen unustanud.

Muude küsimuste juures võib täheldada selget muutust keemia raskuse osas – kui põhikoolis arvab vaid 17 õpilast, et keemia on raske, siis gümnaasiumis juba 39. Samas, gümnaasiumites on õpilaskontingent ikkagi valitud ja peaks seega olema ka keemias pisut parem. Teisalt – gümnaasiumiosas on keemia tõepoolest põhjalikum ja pisut keerulisem kui põhikoolis.

Huvitav on see, et põhikooli õpilased toovad väite, et teema on ammu õpitud palju sagedamini (22 korda) välja kui gümnaasiumiõpilased (7 korda).

Testi raskuse osas jagunesid vastused järgmiselt (vt. ka Lisa 5):

Tabel 2. Esmakordselt testi teinud õpilaste hinnang testi raskusele

	Põhikool	Gümnaasium
Vastamata	137	135
Ülikerge	4	2
Kerge	79	50
Suhteliselt raske	50	48
Ei kerge ega raske	56	90
Natuke raske	51	63
Raske	246	229
Väga raske	37	14
Kokku	660	631

Kas õpilased hindavad end adekvaatselt ja kas enesehinnang mõjutab testi tulemust? Vastus võiks mõlemale küsimusele olla „ei”. Korrelatsioon testi raskushinnangu ja testi tulemuse vahel oli näiteks esimese vooru puhul 11. klassis $R=0,23$ ja 10. klassis $R=0,28$, mis on väga nõrk korrelatsioon. Põhikoolis olid korrelatsioonid veelgi nõrgemad – 8. klassis $R=0,15$ ja 9. klassis $R = 0,12$. Teisiti öeldes, kipuvad ehk enesekriitilisemad olema pigem need õpilased, kes testile paremini vastavad ja sageli hindavad testi suhteliselt kergeks need, kes sellele tegelikult vastata ei oskagi. Gümnaasiumi õpilased oskavad oma võimeid pisut paremini hinnata.

3.4 Intervjuud

Intervjuud viidi läbi kahel eesmärgil:

- 1) Hinnata küsimuste arusaadavust.
- 2) Uurida, millistel põhjustel õpilased vastasid valesti/õigesti ja kuidas nad vastusteni jõudsid.

Intervjueeritavate hulgas oli 3 põhikooli õpilast (9 kl.), 3 gümnaasiumi õpilast (10 kl.), 7 üliõpilast (materjaliteadus 2. a. ja keemia 2. a.), 2 keemiaga suhteliselt vähe kokkupuutuvat isikut (gümnaasium lõpetatud), 1 keemiaga vähe kokkupuutuv isik (keemia II a tudeng, kuid intervjueerimise hetkel juba mitu aastat akadeemilisel olnud), 1 põhikooli loodusteaduste ja keemia gümnaasiumõpetaja (bakalaureusekraad) ning mitmed Tartu Meditsiinikooli õpilased (kasutati ka grupivestlust).

Intervjueeriti nii põhikooli kui gümnaasiumiõpilasi, üliõpilasi, nn. tavainimesi ja ka õpetajat – seega erineva taustaga inimesi, et saada võimalikult erinevaid arvamusi ja tulemusi. Kuna kooliõpilasi intervjueerisid nende aineõpetajad (Siret Lepasaar ja Liina Karolin-Salu), siis koostati nende jaoks ka orienteeruv küsimustik intervjuu jaoks, teistele mitte.

Küsimuste arusaadavuse hindamise eesmärgil viidi läbi ka laialdasem eeltest, kus rakendati testi esmast versiooni TMK üliõpilastel (kokku 32 õpilast) ning küsiti nende arvamust küsimuste arusaadavuse kohta ning hinnati testi sooritamiseks kuluvat aega. Küsimuste arusaadavust küsiti kõikidelt testitavatelt ka testi lõppversioonis.

Tulemused

- 1) Intervjueeritavate ja testitavate hinnangud võeti arvesse testi lõppversiooni koostamisel.
- 2) Tulemused olid eri tasemega intervjueeritavate puhul küllalt erinevad.

Intervjuude küsimused

1. Kuidas õpilane küsimustest aru sai?
2. Kas õpilane luges küsimuse tähelepanelikult lõpuni?
3. Milline on õpilase arutelu vastamisel? Kas tuletas vastuse, meenutas midagi, „teadis kuskilt“ vms.
4. Kui vastamata jättis, siis miks? Näiteks: küsimus tundus keeruline või tõesti ei osanud – võib-olla väikese suunava vihjega vastab õigesti (millise vihjega?).
5. Kui vastas valesti, siis miks?
6. Põhikooli/Gümnaasiumi testi 5. küsimus. Kuidas vastas? Kas haaras pilguga kogu jooniste rida või uuris ositi? Kas pani tähele NB! märkust küsimuse lõpus? Kas õpilane luges kogu küsimuse otsast lõpuni läbi või hakkas kohe algusest vastama? Kui ta leidis lünka esimese sobiva vaste, kas siis vaatas ka ülejäänud jooniseid või mitte?

7. Gümnaasiumi testi 6. küsimus: Kas õpilane saab ikka aru, mida küsitakse? B-osa: mida õpilane mõistab „valesti koostatud struktuurivalemite“ all? – Neid, mis on tõepoolest valesti koostatud või neid, milles puudub vesinikside?

Põhikooli õpilased (Siret Lepasaar, Kommertsgümnaasium 9 kl.)

Küsitleti kolme eri tasemel õpilast: Keemiat hästi tundev õpilane (H) (vene keel emakeel), keskmisel tasemel keemiat oskav õpilane (K) ja keemias suhteliselt nõrk õpilane (N).

Kokkuvõtte intervjuudest:

Üldiselt said kõik kolm õpilast küsimustest hästi ja õigesti aru. N õpilane ütles, et luges küsimuse arusaamiseks siiski kolm korda läbi. Segadust tekitas sõna „kristallid“. Ei tekkinud assotsiatsiooni, et need võiksid olla näiteks ka metallid. Sõna „kristallid“ tähendas enamike jaoks siiski vaid soola, suhkrut, juveele jms.

Küsimustest arusaamisega oli kõik korras.

Õpetaja hinnangul (küsitluse, seletuste põhjal) kombineerisid õpilased vastuse mälu- ja loogika põhjal. Õpilased ei mäletanud hästi esimese küsimuse loogikat ja ütlesid, et kombineerisid lahustuvustabeli abil.

Vastamata jäeti kaks näidet kristallidest eelpool nimetatud põhjustel ja õpilane N ei mäletanud täpselt kuidas saadi neutronite arvu ja pakkus ühes ülesandes umbes, teises jättis üldse tegemata. Tema jaoks oli raske ka kolmas ülesanne. Ise ütles õpilane, et ta lihtsalt ei viitsinud seda teha, kuid on teada, et tal on probleeme ka matemaatikaga.

5. küsimuse juures oli kõikide õpilaste vastustes vigu. Vastati lähtudes loogikast. Teooriat ei mäletanud keegi kuigi täpselt. Märkust küsimuse lõpus pandi tähele. Kõik kolm ütlesid, et nad otsisid vastuseid, liikudes silmadega vasakult paremale joonis-joonise haaval. Õpilased leidsid, et ülesande teeb raskeks see, et joonised on väikesed ja neid on palju. Jooniste väiksus oli siiski suurem probleem. Õpilane T eksis, kuna probleem oli keeles, täiendava selgituse järel leidis oma vea üles. Õpilane N ei saanud joonisel aru sellest, et kui kaks pallikest on kokku joonistatud, on nende vahel side. Ta ei mäletanud ka, mis on segu. Kõik õpilased vaatasid iga küsimuse juures kõik joonised läbi.

Gümnaasiumi õpilased (Liina Karolin-Salu, Kommertsgümnaasium, 10 kl.), natuke erinev intervjuuküsimustik, kuna ka testiküsimused olid teised.

Küsitleti jällegi kolme eri tasemel õpilast: nelja-vieline (keemiahinne 4) (H), kolmeneljaline (keemiahinne 3) (K) ja keemias suhteliselt nõrk (N).

Õpilane H sai küsimustest aru, K sai enamasti aru ja N sai enda arvates küsimustest hästi aru, aga lihtsalt ei osanud vastata. Parim õpilane luges küsimused tähelepanelikult läbi, keskmine õpilane hakkas kohe vastama, kui arvas, et küsimusest aru sai, õpilane N püüdis lugeda.

Arutelu küsimuse juures ja vastamise allikas olenes õpilase H puhul küsimusest, K kasutas nii meenutamist, loogilist tuletamist kui huupi vastamist, õpilane N püüdis vastuseid meelde tuletada või vastas huupi.

Hea ja keskmine õpilane vastasid kõikidele küsimustele, nõrgem õpilane jättis küsimused vastamata kuna ei osanud, õpetaja hinnangul aitas suunav vihje 2b ja 3. küsimuse juures.

Õpilane H valesti vastamist eraldi ei kommenteerinud, õpilane K väitis, et pakkus vastused oma teada õigesti, õpilane N vabandas valesti vastamist sellega, et ei tulnud meelde.

5. küsimuse juures (vt. intervjuude küsimused nr. 6) ei pannud õpilane H märkust tähele, kuid otsis eraldi igale vastusele sobiva variandi (ainult ühe), õpilane (K) ei leidnud samuti märkust ning hakkas kohe vastama, vastuseid otsis ühekaupa ning kui õige leidis, siis rohkem selle küsimusega ei tegelenud, õpilane N luges aga kõigepealt küsimused läbi ja siis arvas, milline võiks õige olla.

6. küsimuse juures leidis õpilane H vesiniksidemed üles, kuid valesti koostatud valemiteks pidas kõiki neid, millel puudus vesinikside, õpilane K ei saanud aru, kuna vesiniksideme mõiste oli segane (märgitud on H_2O ja H_2 juures kõik H-aatomiga seotud sidemed, kõik teised valemid maha tõmmatud), õpilane N ei teadnud, mis see vesinikside on. (vastatud üsna juhuslikult).

Huvitavamaid tähelepanekuid teistest intervjuudest

TÜ üliõpilased (6 materjaliteaduse 2a. üliõpilast ja 1 keemia 2a. üliõpilane)

Ka TÜ üliõpilastest üks eksis vesiniksideme definitsiooniga, pidades vesiniksidemeks vesiniku aatomi poolt moodustatud kovalentset sidet mingi teise aatomiga. Kõikide puhul oli probleeme küsimuste korraliku läbilugemisega. Enda arust olid kõik uuritavad küsimustest õigesti aru saanud, kuid hilisem vestlus näitas, et nad polnud siiski kõiki küsimuse nüansse märganud – st. lugemine oli olnud pinnapealne ja vastama asuti kohe, kui arvati, et küsimusest oldi aru saadud. Märkused küsimuste arusaadavuse kohta võeti arvesse lõppversiooni koostamisel (6b). TÜ üliõpilastel oli ka kõige rohkem probleeme erijuhtude, erandite jms. arvestamisel, mis näitab, et mõned neist analüüsisid küsimusi hoopis teisel tasandil ning leidsid paljudel juhtudel, et vastata võib nii- ja teistmoodi. Välja võiks tuua mõne vastaja puhul veel seda, et kuigi oldi mälu põhjal vastuses kindel, mõeldi vastus ka loogiliselt läbi ning hakati kahtlema (näiteks 4. küsimus, 6b, 7.), muutes mõnel juhul isegi vastuse valeks.

Eksiti ka metallilise sideme juures – kaks üliõpilast pakkusid aineid, mis sisaldavad metalliioone, aga samas olid nad selgelt kahtleval seisukohal vastuse õigsuses.

Tartu Meditsiinikooli (TMK) üliõpilased

Tartu Meditsiinikoolis on väga erinevaid üliõpilasi. On selliseid, kes on olnud koolis „viielised“ ning pingutanud heade hinnete saamiseks väga palju. Selliseid õpilasi iseloomustab suur päheõppimise osakaal õppimisprotsessis. Samas on selliseid õpilasi, kes pole pidanud häid hindeid eriti oluliseks, ning püüdnud asjadest n.ö. „lihtsamalt“ aru saada – loogiliselt tuletades. Samuti on suhteliselt halva enesehinnanguga üliõpilasi. Erinevate üliõpilaste osakaal varieerub kursuseti ja aastati (oleneb sisseastumiskonkursist).

Intervjuudes küsitleti valikuliselt ja grupiviisiliselt võimalikult erinevaid üliõpilasi, eri aegadel ja ka tulemusi saadi väga erinevaid. On õpilasi, kes eelkõige muretsesid selle pärast, et neil pole vastused gümnaasiumiosast meeles. Loogiliselt mõtleivate õpilaste puhul jääb sageli vajaka elementaarsetest faktidest, millega siis mõtteliselt opereerida, kuid neile on palju abi väikestest vihjetest. Mitmed „loogiliselt mõtlevad õpilased“ lugesid küsimusi

mitmeid kordi läbi, ning üritasid küsimusest vastuse leidmisel abi saada (see tendents suurenes peale keemiakursuse läbimist). Halvema enesehinnanguga õpilased püüdsid vastata nii mälu kui loogika põhjal, kuid lõpuks loobusid ning tõid valede vastuste põhjenduseks, et „pole kunagi keemiast aru saanud“ või „gümnaasiumiõpetaja oli eriti halb“ või „mina sellest aru ei saa ja ei hakka kunagi saama“. Küsimuste arusaadavuse kohta kellelgi pretensioone ei olnud.

Õpetaja

Hiljuti õpetajakutse omandanud keemiaõpetajal ei tekkinud probleeme küsimustest arusaamisega. Väidetavalt luges küsimused kiiresti läbi, kuid mõttega (vähemalt keerulisemad küsimused) ning märkamata ei jäänud ka märkused küsimuste lõpus. Esines kaks vale vastust ühes küsimuses (väliskihi elektronide arvu kokkuliitmine 2b). Vale vastust põhjendas sellega, et orbitaalid ja elektronkihid läksid hetkel segamini. Kasutas ka tabelit. Vastamisel kasutas nii mälu kui ka loogilist mõtlemist. Kui oli õiges vastuses mälu põhjal kindel, ei hakanud vastust loogiliselt üle mõtlema.

Kindlasti on õpetaja juba harjunud erinevate testide koostamisega ning neile vastamisega, tunneb enamikke tüüpülesandeid ning oskab oma kogemuste põhjal hinnata testi koostaja mõttemaailma sobiva vastuse pakkumisel. Samuti oskab ta hoiduda tüüpvigadest ning on kursis suuremate probleemidega testidele vastamisel üleüldse.

Keemiaga eriti mitte kokkupuutunud (või suhteliselt ammu kokkupuutunud) intervjuueeritavad.

Siin küsitleti ~7 a. tagasi gümnaasiumi lõpetanud õde (~1,5 a. tagasi TMK lõpetanud) ning sekretäri (~2 a. tagasi ametikooli lõpetanud) ja ~5. a. akadeemilisel puhkusel (lapsepuhkus) olnud 2.a. keemiaüliõpilast (vahepeal keemiaga mitte tegelenud).

Ühised jooned oleksid kõigi kolme puhul: a) keemia põhimõisted suhteliselt ununenud, b) küsimuste pealiskaudne lugemine (eriti 5. küsimuse puhul).

Õe eriala esindaja puhul aitas väikestest vihjetest ja küsimuse detailidele tähelepanu juhtimisest, et saada enamike küsimuste puhul õigeid vastuseid. Sekretäril, kes oli harjunud dokumente üsna pinnapealselt lugema ja pigem mehhaaniliselt töötlemata, oli kõige enam

probleeme küsimuse mõttest aru saamisega. Keemiaüliõpilane lihtsalt hindas oma kunagisi teadmisi üle ning seetõttu ei vaevunud küsimusi korralikult läbi lugema, arvates et saab vastamisega lihtsamalt hakkama. Ta vastas küllaltki enesekindlalt, kuid pigem mälu kui loogilise mõtlemise põhjal ning tegi seetõttu päris mitmeid keemiaüliõpilase kohta lubamatuid vigu.

Järeldused

Suurimaks probleemiks testile vastamisel oli funktsionaalse lugemise oskus:

- Põhikooli õpilased veedavad palju rohkem ja põhjalikumalt aega küsimuse läbilugemisega, samas funktsionaalse lugemise oskus ikkagi mitte kuigi hea.
- Gümnaasiumiõpilased loevad küsimusi vähem läbi – ainult hea õpilane luges korralikult läbi, keskmine oli arendanud strateegia lugeda küsimust kuni arvas, et aru sai ja hakata kohe vastama ning nõrk ainult püüdis küsimuse läbi lugeda.
- Küsitletud TÜ üliõpilased on küllaltki enesekindlad ja on tõenäoliselt harjunud küsimusi kiirelt haarama. Võib-olla ei pidanud vastamist ka nii oluliseks, et veeta piisavalt aega küsimusi läbi lugedes.
- Küsitletud TMK üliõpilased ei viitsinud enamasti küsimust korralikult läbi lugeda (isegi kui sellest sõltuks palju, halvem enesehinnang kui TÜ-s) vaid hakkavad kohe vastama kui arvavad, et tabasid küsimuse olemuse.
- Keemiaga mitte tegelenud (või mitte viimasel ajal tegelenud) intervjueeritavad ei lugenud küsimusi korralikult läbi ning hakkasid vastama kohe, kui arvasid end küsimusest aru saavat. Seda võiks seletada kas õpiharjumuste kadumisega või eriharidusest ja erialast tulenevalt hoopis teiste mõttemallide, tööeesmärkide ning õpistrateegiate omandamisega.

3.5 Antud testi täitmisega seonduvaid võimalikke probleeme

Kuigi test oli koostatud töö koostaja ning juhendajate parima äranägemise järgi ning enne lõppversiooni käikulaskmist ka intervjuude ning eeltestidega kontrollitud, ei olnud siiski võimalik tagada testile ideaalset vastamist. Siin võiks tuua välja terve rea probleeme.

Õpilaste motivatsioon testile parimate võimete järgi vastata oli väike

Õpilastele selgitati miks ja kuhu testitulemused lähevad, kuid see ei osutunud ilmselt piisavaks motivaatoriks testi tegemisel pingutada. Motivaatorina võis mõjuda vaid võrdlusmoment teiste koolidega. Õpetajatele anti võimalus testi soovi korral kasutada seda ka õpilaste teadmiste kontrolliks – töö koostaja teada seda võimalust ei kasutatud ning testi alusel hindeid ei pandud. Mõned õpetajad olid ka testi ise oma äranägemise järgi ära parandanud kohese tagasiside saamiseks. Õpetajatel paluti motiveerida õpilasi nii palju kui võimalik, kuid kuna testi täitmine oli vabatahtlik ja õpetajad viisid testi klassis läbi samuti hea tahte korras, ei saagi tagada sellise uuringu puhul õpilaste suurt motiveeritust. Vähene motiveeritus võis põhjustada ka halvemad tulemused kui õpilaste teadmised oleks tegelikult võimaldanud.

Testi reliaablus

Õpilasi testiti õppeperioodi erinevatel etappidel – seega test ei saanudki olla kuigi reliaabel kuna õpilaste teadmised suurenevad, arenevad ning muutuvad iga päev. Samuti tuleb arvestada unustamist. Selliste testide puhul saaks testi reliaablust kontrollida kas ekspertgrupil, kelle teadmised antud vallas on kindlad ning muutumatud või siis sellisel grupil, mille liikmed ei puutu antud teemadega igapäevaselt kokku. Eksperdi mõttemuster ning vastamise strateegia ei ole võrreldav põhikooli või gümnaasiumi õpilase omaga, seega ei pruugi tulemused peegeldada tegelikku olukorda, samamoodi võivad ka teemadega mitte kokku puutuvate isikute teadmised antud vallas olla liiga puudulikud, et anda usaldusväärset infot. Seega – testi reliaablus polnud antud uuringus mõõdetav ega oluline.

Testi valiidsus ja arusaadavus

Testi koostaja, juhendajate ning intervjuueeritavate meelest oli test arusaadav ning ka valiidsus. Testiküsimuste arusaadavust ning nendele vastamise protsessi uuriti kvalitatiivselt intervjuudega. Intervjuude analüüsil selgus, et vastajad olid üldjoontes

küsimustest aru saanud, ning vastasid seda, mida testi koostaja eeldas. Mõnel juhul polnud intervjuueeritavad küsimust korralikult läbi lugenud ega lahti mõtestanud. Siin aitas tähelepanu juhtimisest testiküsimusele. Kõik õpilased, keda testiti, ei saanud kahjuks kõikidest testiküsimustest aru ning ka vastused ei pruukinud peegeldada seda, mida uurija ootas. Eriti palju arusaamatusi oli gümnaasiumiosa testi küsimusega nr. 6b.

Õpilaste funktsionaalse lugemise oskus on väike

Intervjuude käigus tuli välja, küsimustele valede vastuste andmine või vastamata jätmine on suures osas põhjustatud küsimuse poolikust läbi lugemisest (vt. ka eelmine punkt). Õpilased ei oska korralikult küsimuse sisusse süveneda ega seda korralikult lahti mõtestada. Õpilased kipuvad lugema läbi vaid osa küsimusest või asuvad ülesannet täitma juhendit lugemata (näiteks gümnaasiumiosa testi küsimuse nr. 5 puhul), arvates, et nad teavad, mida ülesandes teada tahetakse.

Testimise aeg

Kuna õpilased on väga erineva temperamenditüübiga, siis võib arvata, et kõikide õpilaste jaoks ei pruukinud 20 minutit olla piisav testi küsimustele ning ka lisaküsimustele vastamiseks.

Mitmekordne testi täitmine

Töö planeerimisel arvestati ka asjaolu, et testi mitmendat korda täitmisel võib õpilane -

- tänu eelnevatele kordadele testi paremini täita,
- olla tüdinenud ja trotslik sellesama testi korduva täitmise pärast.

Kordustestidele lisati ka vastavad lisaküsimused ja kolmandal korral uuriti ka samade koolide samade õpetajate sarnasel tasemel olevaid paralleelklasse, et teada saada, mil määral võiks testi korduv täitmine mõjutada tulemust.

Sarnased ülesanded või nende puudumine kooliprogrammis

Testis kasutati nii töövihikutes ja õpikutes varem esinenud ülesandetüüpi kui ka täiesti uudseid ülesandeid. Kahjuks on võimalik, et õpilased treenivad koolis vastama teatud tüüpi küsimustele ning lahendama teatud tüüpi ülesandeid. Ka antud uuring näitas, et kõige halvemini on vastatud täiesti uudsele ülesandele (gümnaasiumiosa küsimus 6b).

Erineva intelligentsustüübi ja õpistiiliga vastajad.

Erineva tüübiga õpilased vastavad erinevat tüüpi küsimustele erineva edukusega, mis vähendab võimalust üldistada testitulemusi kõikidele õpilastele.

Õpilaste vastused

Testi sisuliste küsimuste puhul pole õpilastel mingit põhjust vastata küsimusele valesti, kui nad tegelikult õiget vastust teavad. Lisaküsimuste puhul on võimalik, et õpilane vastab vastavalt sellele, mida testi koostaja temalt tema arust ootab. Viimase testivooru juures kasutatud testil on iga küsimuse juures võimalik valida, kas nad vastasid mälu, loogilise mõtlemise, juhuslikkuse või mõne muu allika põhjal. Selles osas on võimalik, et õpilane vastab ebasiiralt, et säilitada oma enesehinnang (vabandada oma vale vastust – näiteks ebakindluse korral vastab, et pakkus juhuslikult); säilitada oma mina-pilt või üritada näidata end huvitavamana (kirjutab, et vastas juhuslikult, kuigi teadis vastust väga hästi); näidata end paremast küljest (näiteks vastab, et lahendas ülesande loogilise mõtlemise põhjal, kui tegelikult vaatas naabri pealt maha)

Kokkuvõtteks tuleb nentida, et kõik need aspektid tuleb võtta arvesse antud töö tulemuste hindamisel ning rakendamisel. Sarnased probleemid kerkivad üles kõikide samalaadsete testidega seonduvate uuringute korral. Kindlasti ei ole võimalik alati selliseid probleeme vältida, kuid testid tuleb koostada ning testimine läbi viia nii, et eeltoodud küsitavused oleks arvesse võetud ning nendest tulenevad ebatäpsused testitulemuste interpreteerimisel minimiseeritud.

Hoolimata kõikidest käesolevas töös toodud probleemidest, on õigesti ja võimalikult hästi koostatud test kõige objektiivsem vahend õpilaste teadmiste hindamisel koolis.

4. KOKKUVÕTE

Keemia on koolis õpetatavatest õppeainetest üks kõige kõige süsteemsemad ja kõige enam loogiliselt tuletatavaid. Keemia aluseks on üks universaalne ja kõikehõlmav süsteem – keemiliste elementide perioodilisussüsteem. Selle süsteemi alusel loodud perioodilisustabelis reastuvad elemendid vastavalt aatomi ehitusele. Elemendi asukoht tabelis on seostub aatomi ehitusega. Teades elemendi asukohta perioodilisustabelis saame teha otseselt järeldusi tema aatomi ehituse, ja sealt edasi juba keemiliste omaduste kohta. Aatomi ehituse ja keemilise sideme teema mõistmine kontseptuaalse arusaamise tasemel võimaldab õpilastel teha järeldusi ainete omaduste kohta.

Kui õpilane suudaks oma seni abstraktseid teadmisi edasi arendada ja seostada aatomi ehituse ja keemilise sidemega, oleks kogu keemia õpetus ka tema jaoks loogiline ja arusaadav. Lüngad aatomi ehituse ja keemilise sideme tundmisel takistavad edasise keemia kursuse omandamist ning kogu õppimine muutubki segaste reaktsioonivõrrandite, ainete omaduste jms. päheõppimiseks, sest puudub alus, millele ehitada loogiline süsteem.

Uuringu peaesmärk oli teada saada kui hästi on õpilased omandanud aatomi ehituse ja keemilise sideme teema ning mil määral need teadmised ajas muutuvad. Õpetamise ja õpetuse organiseerimise seisukohalt on väga oluline ka mõista – miks õpilaste tulemused on just sellised.

Lähtuvalt uuringu eesmärgist püstitati mitmeid uurimisküsimusi ja hüpoteese.

Uurijaid huvitasid järgmised küsimused:

1. kas uuritavate testitulemused muutuvad ajas ja millises suunas?;
2. kas mitmekordne testimine mõjutab õpilaste testitulemusi?;
3. kas õpilaste hinnang testi raskusele on seoses testitulemusega?;
4. miks test tundus raske - milliseid põhjuseid ja vabandusi õpilased välja toovad?

Lähtuvalt küsimustest püstitati järgmised hüpoteesid:

1. Õpilaste arenedes keerukamatele küsimustele antavate õigete vastusteosakaal suureneb

2. Õigete vastuste osakaalu suurenemisele aitab kaasa teema kordamine

Uurimiseks kasutati kvantitatiivset testimismeetodit. Lisaks hinnati koostatud testi lisauuringutega ning viidi läbi ka intervjuusid.

Tulemused näitavad, et aatomi ehituse ja keemilise sideme omandatuse tase jääb antud testitulemuste järgi 50-60% juurde.

Hüpotees „õpilaste arenedes keerukamatele küsimustele antavate õigete vastuste osakaal suureneb“ leidis kinnitust kahe küsimuse puhul. Küsimus 5, mis oli sarnane nii põhikooli kui ka gümnaasiumi osas ja küsimus 6 (ainult gümnaasiumiosa testis). Põhikooli ja gümnaasiumi võrdluses tuleb selgesti välja tulemuste paranemine, mis võib viidata sellele, et gümnaasiumiosas on õpilastel juba parem mudelite mõistmise ja kasutamise oskus.

Hüpotees „õigete vastuste osakaalu suurenemisele aitab kaasa teema kordamine“ ei pidanud paika mitme küsimuse juures. Gümnaasiumiosas mõjutas testitulemusi positiivses suunas mitmekordne testi tegemine.

Uuringu käigus leiti vastused ka püstitatud küsimustele.

Kas uuritavate testitulemused muutuvad ajas ja millises suunas? Nii põhikooli kui gümnaasiumiosa testiküsimuste kokkuvõttes ei ilmne erilist tulemuste paranemist ega ka halvenemist. Testitulemused on väikeste kõikumistega suhteliselt stabiilsed. Kõikumisi esineb eri küsimuste lõikes.

Kas mitmekordne testimine mõjutab õpilaste testitulemusi? Põhikooli osas mitte, kuid gümnaasiumi osas olid mitmekordselt testitavate tulemused oluliselt paremad kui esmakordselt testitavate omad.

Kas õpilaste hinnang testi raskusele on seoses testitulemusega? Õpilaste hinnangud testi raskusele ei korreleeru testitulemustega kuigivõrd hästi. Gümnaasiumiosas on korrelatsioon pisut tugevam, põhikooli osas on korrelatsioon väga nõrk.

Miks test tundus raske - milliseid põhjuseid ja vabandusi õpilased välja toovad? Kõige enam levinud vabandus on see, et õpitu on meelest läinud.

Väärarusaamade analüüsist tuli välja, et paljud õpilased ei tee vahet molekulaarsetel ja ioonilistel ainetel. Samuti ei ole osale õpilastest selge metallilise sideme mõiste.

Kahjuks ei ole paljudel õpilastel tekkinud süsteemitunnetust ja seostamisoskust, samas on tekkinud mitmeid väärarusaamu. Põhjuseks võib olla see, et õpetajad/õppejõud ei pühenda piisavalt tähelepanu seoste loomise toetamisele. Seosed loob õpilane ise, kuid õpetaja roll seostamisoskuse arendamisel on küllalt suur. See kas õpilane tajub süsteemi, sõltub väga suurel määral sellest, kuidas on õpetatud. Õpilastel on tihti puudu ka õpimotivatsioonist .

Soovitusena keemia õpetamisel võiks välja tuua, et kontseptuaalse arusaamise kujundamiseks keemias on vaja rohkem tähelepanu pöörata teemade sisulisele omandamisele, seostamisele omavahel ja vajalike oskuste arendamisele. Heade tulemuste saavutamiseks oleks eeldus, et õpetajal on ka rohkem aega õpilastega tegeleda ja uurida, kuidas õpilased on teemast aru saanud, et ennetada ja korrigeerida väärarusaamade teket.

Inga Ploomipuu

Tartus, 2006

SUMMARY

Inga Ploomipuu

The Theme of Atomic Structure and Chemical Bonding in Primary and Secondary School Education

The topic of atomic structure and chemical bonding is most essential and central in primary and secondary school chemistry education. Mastering these themes on the level of conceptual understanding allows students to construct their new knowledge on this and therefore lessen the mechanical learning of facts.

The aim of this master's thesis was to determine how the students have mastered the theme of atomic structure and chemical bonding and how their results of this test change over time. It is also essential to understand why the students had such results.

Researchers were interested in the following questions:

1. Do the results of the tests change over time and which is the direction of such change?
2. Does repeated testing affect the results?
3. Do the students' evaluations of test difficulty correlate with their results?
4. Why the test was difficult – which are the students' explanations

Also, the next hypotheses were established:

1. Due to the cognitive development of the students, the results of the more difficult questions are improving.
2. The percentage of the right answers will be improved by revising and repeating the topics.

Quantitative testing method was used in this research. In addition, interviews and additional testing was used for evaluating the efficiency of the test and determining students' reasoning.

The results of this research show that there is no significant change in the average test results over time, but the results of specific questions were changing. Repeated testing affected the results significantly only on secondary school level, not on primary school level. Students' evaluations of test difficulty did not correlate well with the results. The most common „excuse” that the students brought on was that they had forgotten the topic.

The first hypothesis was true for two questions which needed more creative approach – the results were significantly better according to the age of students (the results improved over time). This indicates that the ability of operating with visual models is improving on secondary school level.

Second hypotheses did not prove to be true in several questions. The themes of these questions were taught several times on both school levels, but sometimes the results did not improve (question no 4)

The analysis on misconceptions showed that the students did not distinguish molecular and ionic compounds. Also the concept of metallic compounds is not understood.

Unfortunately, most of the students have not gained the conceptual understanding of the topics of atomic structure and chemical bonding. Therefore the author suggests that the teachers should pay more attention to this topic and give more guidance on associating these topics with the others.

Inga Ploomipuu

Tartu, 2006

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Krull, E. Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 2000, 637 lk.
2. Gagné, R. M., Driscoll, M. P. Õppimise olemus ja õpetamine. Tartu, 1992, 180 lk.
3. Leppik, P., Lapse arendamise ja õpetamise probleeme koolis. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 2000, 156 lk.
4. Bee, H., The Developing Child. Harper Collins College Publishers, New York, 1992, p. 653
5. Butterworth, G., Harris, M., Arengupsühholoogia alused. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu, 2000, 373 lk.
6. Bodner, M., G., Constructivism: A Theory of Knowledge. *J. Chem. Ed.* Oct. 1986, Vol 63, pp 873-879
7. Lukki, T., Loodusõpe kui süsteem. Ilo, Tallinn 2001, 142 lk.
8. Leppik, P., Õppimine on tõesti huvitav. Õpiprotsessi mõtestamisest. Tartu Ülikooli Kirjastus, Tartu 2006, 143 lk.
9. Taagepera, M., Mõistelis-loogiliste seoste kujunemisest õppimisel ja õpetamisel. *Haridus*. 1999, 3, 44-46.
10. Sewell – Smith, A., Teaching does not Necessarily Equal Learning. *Teaching Science*. 2004, Vol. 50 no.1, 22-26
11. Yang, F.-Y., Exploring High school students' use of theory and evidence in an everyday context: the role of scientific thinking in environmental Science Decision-Making. *Int. J. Sci. Educ.*, 2004, Vol. 26, No. 11 pp 1345-1363
12. Kidron, A., 122 õpetamistarkust. Andras&Monda, Tallinn 1999, 231 lk.
13. Demircioglu, G., Özmen, H., Ayas, A., Some Concepts Misconceptions Encountered in Chemistry: A Research on Acid and Base. *Educational Sciences: Theory and Practice*. May 2004, Vol. 4(1), pp 77-80
14. Bahar, M., Misconceptions in Biology Education and Conceptual Change Strategies. *Educational Sciences: Theory and Practice*. May 2003, Vol. 3(1), pp 55-64
15. Schmidt, H.-J., Volke, D., Shift of Meaning and Students' Alternative Concepts. *Int. J. Sci. Educ.*, Nov2003, Vol. 25, No. 11, pp 1409-1424

16. Nicoll, G., A Report of Undergraduates' bonding misconceptions. *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 23, No. 7, (2001), pp. 707-730
17. Barker, V., Millar, R., Students' Reasoning About Chemical Reactions: What Changes Occur During a Context-based Post-16 Chemistry Course. *Int. J. Sci. Educ.*, 1999, Vol. 21, No. 6, pp. 645-665
18. Schoultz, J., Hultman, G., Science Teaching and the School – When Concepts Meet Context. *Journal of Baltic Science Education*, No. 2(6), 2004, pp. 22-33
19. Fisher, R., Õpetame lapsi mõtlema. AS Atlex, Tartu 2005, 255 lk.
20. Johnstone, A.H., Teaching of Chemistry – Logical or Psychological. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, Vol 1, No.1 2000, pp 9-15
21. Chiu, M.-L., Chiu, M.-H., Ho, C.-Y., Using Cognitive-based Dynamic Representations to Diagnose Students' Conceptions of the Characteristics of Matter. *Proc. Natl. Sci. Counc.* 2002, Vol. 12, No. 3, pp 91-99
22. Arasasingham, R.D., Taagepera, M., Potter, F., Lonjers S., Using Knowledge Space Theory To Assess Student Understanding of Stoichiometry. *J. Chem. Ed.* Oct, 2004, Vol 81, No.10, pp. 1517-1523
23. Tsai, C.-C., Huang, C.-M., Exploring Students' Cognitive Structures in Learning Science: a Review of Relevant Methods. *Journal of Biological Education*. 2002, 36(4) pp 163-169
24. Machin, J., Exploring the Use of Concept Chains to Structure Teacher Trainees' Understanding of Science. *Int. J. Sci. Educ.* Oct 2004, Vol. 256, No. 12, pp 1445-1475
25. Ferik, V., Vrtacnik, M., Blejec, A., Gril, A., Students' Understanding of Molecular Structure Representations. *Int. J. Sci. Educ.* 2003, Vol. 25, No. 10, pp 1227-1245
26. Paaver, L., Vene, J. Keemia õpetamise metoodikast 8-kl. koolis. Tallinn, Valgus, 1969, 290 lk.
27. Töldsepp, A., Toots, V. Õpetame keemiat VIII klassile. Õpetajaraamat. Tallinn, Koolibri, 2001, 88 lk.
28. Taagepera, M., Noori, S. Mapping Students' Thinking Patterns in Learning Organic Chemistry by the Use of Knowledge Space Theory. *J. Chem. Ed.* Sept. 2000, Vol. 77, No. 9, pp. 1224-1229.
29. Nakleh, M. B. Why Some Students Don't Learn Chemistry. Chemical Misconceptions. *J. Chem. Ed.* March 1992, Vol. 69, No. 3, p.191.

30. Mikk, J. Ainetestid. Tartu, 2002, 111 lk.
31. Bartram, D., The Development of International Guidelines on Test Use: The International Test Commission Project. *International Journal of Testing*. 2001, 1(1), pp 33-53
32. Evers, A., The Revised Dutch Rating System for Test Quality. *International Journal of Testing*. 2001, 1(2), pp 155-182
33. Powers, D., E., Bennet, R., E., Effects of Allowing Examinees to Select Questions on a Test of Divergent Thinking. *Applied Measurement in Education*. 2000, 12(3), 257–279
34. Vogelberg, K., Kas üliõpilaste testimine on valiidne. Õppejõudu otsimas, Eesti Humanitaarinstituut, Tallinn 2000, lk 205-221
35. Dirkwager, A., Multiple Evaluation: A New Testing Paradigm that Exorcizes Guessing, *International Journal of Testing*. 2003, 3(4), pp 333-352
36. Töldsepp, A., Keemia õpetamise alused üldhariduskoolis. Valgus, Tallinn, 1982, 248 lk.
37. Karolin, L., Tuulmets, A. Keemia IX Klassis. Õpetajaraamat. Koolibri, Tallinn 1998, 112 lk.
38. Karolin-Salu, L., Läbivad teemad ja ainetevahelised seosed kooli ja keemia ainekava koostamisel. Loodusainete õpetamisest koolis II osa. Argo, Tallinn, 2005, 184 lk
39. Tamm, L., Tuulmets, A., Tänapäevasest gümnaasiumi keemiaõpetuses. Loodusainete õpetamisest koolis II osa. Argo, Tallinn, 2005, 184 lk
40. Põhikooli ja gümnaasiumi riiklik õppekava, Vastu võetud Vabariigi Valitsuse 25. 01. 2002. a määrusega nr 56 ([RT I 2002, 20, 116](#)), jõustunud 1. 09. 2002

LISAD

LISA 1. Põhikooliosa test.

Aatomi ehitus ja keemiline side.

Klass T / P

Palun märgi iga küsimuse korral, kas vastasid mälu põhjal (lihtsalt teadsid) (**M**), tuletasid vastuse loogiliselt (**L**), vastasid juhuslikult (**J**) või said vastuse veel mingil muul moel (**m**).

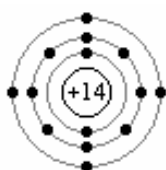
1. a) Millest koosnevad järgmised ained? Märgi ristikesega vastav lahter. (**M/L/J/m**)

	KBr	H ₂ S	Ne	F ₂	CO ₂	He
Ioonid						
Molekulid						
Üksikaatomid						

b) Too veel 2 näidet ainete kohta, milles esinevad molekulid:

Too veel 2 näidet ainete kohta, milles esinevad kristallid: (**M/L/J/m**)

2. a) On antud elemendi aatomi planetaarne mudel. Kirjuta selle põhjal aatomi elektronskeem.



Elektronskeem

Selle aatomi tuumas on prootonit ja neutronit

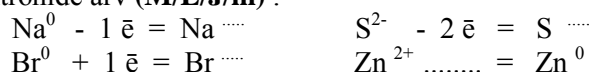
ning selles aatomis on elektroni. (**M/L/J/m**)

b) Elemendi aatomis on 9 elektroni. Koosta elektronskeem (kasuta perioodilisustabeli abi)

..... (**M/L/J/m**)

Selle aatomi tuumas on prootonit ja neutronit (**M/L/J/m**)

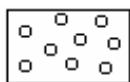
3. Märgi laeng või elektronide arv (**M/L/J/m**):



4. Fosfori (P) järjenumbr on 15. Keemilise sideme moodustamisel võib fosfori aatom liita endaga

kuni elektroni või loovutada kuni elektroni. (**M/L/J/m**)

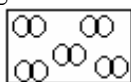
5. Joonisel tähistab iga ringike ühte aatomit (**M/L/J/m**).



a



b



c



d



e



f



g

Millistel joonistel on kujutatud :

1) ainult CO₂ molekule?

2) ainult O₂ molekule?

3) ainult He aatomeid?

4) ühe lihtaine molekule?

5) erinevate üksikaatomite segu?

6) kahe lihtaine segu?

NB! Vastuseid võib olla ka mitu.

Palun vasta järgmistele küsimustele (vastused kirjuta lehe pöördele):

- 1) Kas mäletad eelmisi testikordi, kas eelmiste kordade vastused mõjutasid Sinu seekordseid vastuseid?
- 2) Kas test tundus kerge või raske? Kui raske, siis miks? Milline küsimus tundus kõige raskem ja miks?
- 3) Kas oled ise või koos õpetaja ja klassiga vahepeal selle testi õiged vastused üle vaadanud?
- 4) Kas oled vahepeal koolis neid teemasid õppinud või üle korranud?

LISA 2. Gümnaasiumiosa test.

Aatomi ehitus ja keemiline side. Klass T/P

Palun märgi iga küsimuse korral võimalikult ausalt, kas vastasid: mälu põhjal (**M**), tuletasid loogiliselt (**L**), pakkusid juhuslikult (**J**) või mõne muu allika põhjal (näiteks pinginaaber) (**m**).

1. a) Millest koosnevad järgmised ained? Märgi ristikesega vastav lahter. (**M/L/J/m**)

Koosneb:	KBr	H ₂ S	Xe	F ₂	LiI	Ne	CaCl ₂	CO ₂
Ioonidest								
Molekulidest								
Üksikaatomitest								

b) Too veel 2 näidet ainete kohta, milles esinevad molekulid:

Too 2 näidet ainete kohta, milles esineb metalliline side:

(**M/L/J/m**)

2. a) On antud aatomi elektronskeem: +14 | 2) 8) 4). Selle aatomi (isotoop 28) tuumas on..... protonit janeutronit ning selles aatomis onelektroni. (Täida lüngad). (**M/L/J/m**)

b) Täida tabel. (**M/L/J/m**)

Nr.	elektronivalem	väliskihi elektronide arv	elektronkihtide arv
1.	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ¹		
2.	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁵		
3.	1s ² 2s ² 2p ⁶ 3s ² 3p ⁶ 4s ¹		

c) Mitmes antud elementidest on kõige metallilisem?..... ; milline on kõige mittemetallilisem? Mille põhjal seda saab otsustada?

3. Täida lüngad. Na⁰ - 1 e⁻ = Na ; S²⁻ - 2 e⁻ = S ; Br⁰ + 1 e⁻ = Br ; Zn = Zn²⁺

(**M/L/J/m**)

4. Fosfori (P) järjenumbr on 15. Keemilise sideme moodustamisel võib fosfori aatom liita endaga kuni elektroni või loovutada kuni elektroni. (**M/L/J/m**)

5. Joonisel tähistab iga ringike ühte aatomit (ioone skeemis ei ole).

NB! vastuseid võib olla ka mitu ning üks vastus võib sobida mitmele.

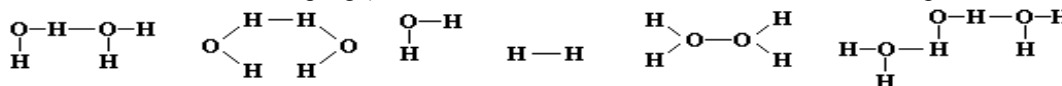


Millistel joonistel on kujutatud: ainult CO₂ molekule?.....; ainult O₂ molekule?.....; ainult He aatomeid?.....; ainult HCl molekule?.....; ühe lihtaine molekule?.....; erinevate molekulide segu?.....; kahe lihtaine segu?.....; erinevate üksikaatomite segu?..... (**M/L/J/m**)

6. a) Milline joonis kujutab kõige paremini elektronide paigutust vee molekulis (tõmba skeemile ring ümber)? (**M/L/J/m**)



b) Leia järgmistes struktuurivalemites vesiniksidemed ja tõmba neile ring ümber (skeemil on ka vesiniksidemed tähistatud kriipsuga). Tõmba **valesti** koostatud struktuurivalemitele rist peale. (**M/L/J/m**)



c) Molekulidevahelise vesiniksideme teke mõjutab (märgi õiged väited): 1) selle aine keemistemperatuuri 2) elementide oksüdatsiooniastet 3) elemendi tuumalaengut 4) selle aine lahustuvust. (**M/L/J/m**)

7. Märgi tabelis õigetesse lahtritesse ristikesed. (**M/L/J/m**)

	tahke CO ₂	metalliline Zn	sulatatud MgCl ₂	tahke KBr	NaF vesilahus	sulatatud väävel
juhhib elektrit						
ei juhi elektrit						

Palun vasta järgmistele küsimustele (vastused kirjuta lehe pöördele):

- 1) Kas test tundus kerge või raske? Kui oli raske, siis miks? Milline küsimus tundus kõige raskem, miks?
- 2) Kas oled koolis neid teemasid varem õppinud? Millal? Kui palju Sa sellest mäletad ja kui palju neid teadmisi selle testi täitmisel kasutasid?
- 3) Kas oled varem sarnaseid ülesandeid lahendanud?

LISA 3. Kokkuvõte keemia ainekavast põhikoolile ja gümnaasiumile.

Keemia põhikoolis

Õppe-eesmärgid, mis seonduvad aatomi ehituse jakeemilise sideme teemaga.

Põhikooli keemiaõpetusega taotletakse, et õpilane:

- omandab lihtsa, kuid tervikliku ettekujutuse keemiast kui loodusteadusest;
- õpib tundma keemia põhimõisteid ja seaduspärasusi;
- hakkab mõistma maailma terviklikkust: keemiliste nähtuste füüsikalist olemust ja looduslike protsesside keemilist tagapõhja;
- õpib seostama keemiateadmisi teistes loodusteadustes omandatuga;
- õpib aru saama keemia keelest, ainete koostise ja keemiliste reaktsioonide väljendamisest valemite ja reaktsioonivõrranditega;
- arendab loogilise mõtlemise, analüüsi ja järelduste tegemise oskust;
- õpib mõistma keemiliste nähtuste vahelisi loogilisi seoseid ja kvantitatiivseid seaduspärasusi;
- õpib tegema lihtsamaid arvutusi ainete valemite ja keemiliste reaktsioonide võrrandite alusel, protsentarvutusi ainete ja lahuste koostise alusel;
- saab aru keemiateadmiste vajalikkusest.

Õppesisu

Aatomi ehitust ja keemilist sidet käsitletakse põhikooli raames järgmiste teemade ja alateemadena.

Aatomi ehitus. Keemiliste elementide perioodilisussüsteem.

Planetaarne aatomimudel. Keemilised elemendid. Perioodilisustabeli ehitus. Tabeli seos aatomite elektronstruktuuriga (väliskihi elektronide ja elektronkihtide arvuga).

Molekulid. Liht- ja liitained.

Ettekujutus keemilisest sidemest. Molekulmass. Metallid ja mittemetallid, liht- ja liitained. Aine keemiline valem. Ühinemisreaktsioon. Reaktsioonivõrrand.

Aatomi ehituseja keemilise sideme teemaga seostuvad otseselt veel sellised teemad nagu oksüdatsioonaste, oksüdeerija ja redutseerija, hapnik oksüdeerijana reageerimisel lihtainetega, redoksreaktsioonid. Metallühendite juures: elementide metalliliste omaduste muutus perioodilisustabelis, metallide füüsikaliste omaduste võrdlus, metallid redutseerijana, metallide jaotus aktiivseteks, keskmise aktiivsusega ja väheaktiivseteks metallideks. Süsinikuühendite juures seostuvad aatomi ehituseja keemilise sideme teemaga: süsinik lihtainena, süsinikuühendite paljusus, ettekujutus molekulide ruumilisest ehitusest, struktuurivalemid, süsinikuaatomi erinevad esinemisvormid molekulides.

Õpitulemused

Põhikooli lõpetaja teab:

- ainet iseloomustavaid füüsikalisi omadusi;
- põhilisi mõisteid: keemiline reaktsioon, keemiline element, aatom,ioon, molekul, keemiline side, lihtaine, liitaine, metall, mittemetall, oksiid, hape, alus, sool, indikaator, redoksreaktsioon, redutseerija, oksüdeerija, lahus, korrosioon, põlemine, süsivesinik, alkohol, karboksüülhape, polümeer, mool, molaarmass, lahuse massiprotsent;
- metallide iseloomulikke füüsikalisi omadusi (hea elektri- ja soojusjuhtivus, läige, plastilisus);
- aatomi ehituse seoseid elemendi asukohaga perioodilisustabelis (mida näitab järjenumbr, perioodi number, rühma number).

Põhikooli lõpetaja oskab:

- seostada keemilise elemendi asukohta perioodilisustabelis elemendi aatomi ehitusega (A-rühmades);
- iseloomustada elementide omaduste muutumist perioodilisustabelis (perioodides ja A-rühmades), võrrelda metalliliste ja mittemetalliliste elementide aatomi ehitust ja omadusi;
- määrata valemi põhjal oksüdatsioonastmeid, tunda ära redoksreaktsioone, leida oksüdeerijat ja redutseerijat (eespool loetletud reaktsioonitüüpide korral);

Keemia gümnaasiumis

Gümnaasiumi keemia ainekava koosneb neljast kursusest, neist kaks on üldise ja anorgaanilise keemia ning kaks orgaanilise keemia kursused. Ainekavas esitatud jaotus

kursusteks ja teemade järjestus ei ole kohustuslik. Lisaks kohustuslikele kursustele võib kool õpilastele pakkuda ühe või mitu valikkursust.

Õppetegevus

Põhikooliga võrrelduna rõhutatakse gümnaasiumiosa keemiaõppes eelkõige seostamisoskuste arendamise olulisust, õpitu põhjal järeltunde tegemise oskust, seoseid ja integratsiooni teiste loodusteadustega. Õpetatakse mitmekesiselt teavet analüüsima ning sünteesima, andma selle põhjal põhjendatud hinnanguid.

Põhiliste õppemeetoditena soovitab õppekava struktuuride ja molekulimudelite vaatlemist, uurimist ja konstrueerimist ning ülesannete ja probleemide lahendamist ja analüüsi. Rõhutatakse iseseisva töö osakaalu õppimisel.

Õppesisu

Otseselt on aatomi ehitusega seotud järgmised teemad ja alateemad:

Aine ehitus. Aatomi elektronkatte ehitus (kihid ja alakihid). Aatomorbitaalid (s, p, d), elektronvalem ja ruutskeem (1.–4. perioodi elementidel). Aatomiehituse seos keemilise elemendi asukohaga perioodilisustabelis. Elementide metalliliste ja mittemetalliliste omaduste (elektronegatiivsuse) muutus perioodilisustabelis (A-rühmades). Keemiliste elementide tüüpiliste oksüdatsiooniastmete seos aatomiehitusega, tüüpühendite valemid; Keemilise sideme energeetiline põhjendus. Ekso- ja endotermilised reaktsioonid. Mittepolaarne ja polaarne kovalentne side. Osalaeng. Iooniline side. Vesinikside. Metalliline side. Ainete omaduste sõltuvus keemilise sideme tugevusest. Molekulidevaheliste jõudude ja keemilise sideme tugevuse võrdlus. Kaudsemalt käsitletakse aatomi ehitust ja keemilist sidet ning nende teemade rakendusi metallide ja mittemetallide käsitluse juures ning orgaanilise keemia osas nukleofiilidest, elektrofiilidest ja vesiniksidemest rääkides (peaaegu kõikide aineklasside juures mingil määral)

Õpitulemused

Gümnaasiumi lõpetaja:

- oskab iseloomustada elemendi aatomi ehitust elektronvalemi ja ruutskeemi abil;
- oskab seletada ja põhjendada keemiliste elementide ja nende ühendite omaduste

perioodilist sõltuvust aatomi tuumalaengust (esimese 4 perioodi ulatuses);

- oskab iseloomustada lihtainete ja keemiliste ühendite omadusi, lähtudes vastavate keemiliste elementide asukohast perioodilisustabelis ning koostada tüüpühendite (oksiidid, vesinikuühendid, happed, hüdroksiidid) valemeid;

- mõistab, et molekulide teke aatomitest ja kristallide teke ioonidest on aineosakeste üleminek püsivamasse olekusse; oskab selgitada keemilise sideme teket ja iseloomustada osakestevaheliste sidemete mõju aine omadustele;

- oskab kujutada molekuli struktuuri (klassikaline ja lihtsustatud struktuurivalem, molekuli graafiline kujutis);

- teab struktuuri ja omaduste vastavust;

- oskab ennustada ainete olulisemaid füüsikalisi omadusi: suhteline keemistemperatuur, lahustuvus vees ja orgaanilistes lahustites; [Allikas: Põhikooli ja gümnaasiumi riiklik õppekava]

LISA 4. Väärarusaamadest/vigade analüüs

Põhikool, testi küsimus 1a

Küsimusega loodeti välja selgitada õpilase oskus ära tunda aines esinev sidemetüüp. Põhikooli küsimusse valiti suhteliselt tuntud tüüpilised ained. Nendeks aineteks olid KBr, H₂S, Ne, F₂, CO₂ ja He. Küsimusele õigesti vastamine oleks heaks aluseks küsimusele 1b vastuste leidmisel (kahjuks testidele vastanud seda arvamust sajaprotsendiliselt ei kinnita, kuna korrelatsioon küsimuse 1a ja 1b vastuste vahel on nõrk, kuid mitte olematu – koefitsient 0,32 – 8. kl 0,38., 9. kl. 0,25).

1. a) Millest koosnevad järgmised ained? Märki ristikesega vastav lahter.

	KBr	H ₂ S	Ne	F ₂	CO ₂	He
Ioonid						
Molekulid						
Üksikaatomid						

Joonis 1. Koostatud ja kasutatud põhikooli testi küsimus 1. a.

Et analüüsida küsimuse vastamisel esinevaid võimalikke vigu, valiti välja need testid, kus vastaja tegi testi eeldataval esimest korda. Kokku oli selliseid teste põhikooli osas 660, neist 374 kaheksanda klassi õpilaste testid ja 286 üheksanda klassi omad. Testide analüüsil loeti kokku kõik võimalikud erinevad valed vastusevariandid. Kuigi küsimuses toodud väärisgaase on võimalik käsitleda ka üheaatomiliste molekulidena – ja seda käsitlust ei saa lugeda vääraks, on ka need vastused siin ära toodud.

Tabel 1. Pakutud vastusevariandid küsimuse 1 a. osadele

	Kõik õiged	Vastamata	Mitu lahtrit või juhuslikult													
			KBr molekul	KBr aatom	H ₂ S ioon	H ₂ S aatom	Ne ioon	Ne molekul	F ₂ ioon	F ₂ aatom	CO ₂ ioon	CO ₂ aatom	He ioon	He molekul		
8 kl 374																
vastused	40	121	58	75	36	54	24	38	43	43	60	52	16	37	32	
%	10,7	32,4	15,5	20,1	9,6	14,4	6,4	10,2	11,5	11,5	16,0	13,9	4,3	9,9	8,6	
9 kl 286																
vastused	25	40	46	68	15	87	9	22	16	43	73	59	14	15	27	
%	8,7	14,0	16,1	23,8	5,2	30,4	3,2	7,7	5,6	15,0	25,5	20,6	4,9	5,2	9,4	

kõik 660

vastused	65	161	104	143	51	141	33	60	59	86	133	111	30	52	59
%	9,9	24,4	15,8	21,7	7,7	21,4	5,0	9,1	8,9	13,0	20,2	16,8	4,6	7,9	8,9

% valedest ja vastamata	-	27,1	17,5	24,0	8,6	23,7	5,6	10,1	9,9	14,5	22,4	18,7	5,0	8,7	9,9
-------------------------	---	------	------	------	-----	------	-----	------	-----	------	------	------	-----	-----	-----

Selgituseks tabeli juurde tuleb lisada, et veerus „vastamata“ kajastuvad kõik testid, milledes oli tühjaks jäetud lahtreid ja veerus „mitu lahtrit või juhuslikult“ on samuti toodud ära kõik need testid, milledes oli kas ühe või mitme aine osas mitu lahtrit täidetud või siis kogu küsimuse osas ilmselgelt valesti vastatud (kõik ristikesed ühe rea peal, ristikestest muster moodustatud vms.).

Tabelist nähtub, et täiesti õigesti vastanute hulk jääb alla kümne protsendi kogu testi esmasooritajate hulgast. Kõige sagedamini esinenud (suurima esinemisprotsendiga) viga on KBr pakkumine molekulaarseks aineks (koguvastustest 21,8 %), kusjuures suhteliselt sarnase sagedusega pakuvad seda vastust nii kaheksanda kui üheksanda klassi õpilased. Teisel kohal on H₂S pakkumine ioone sisaldavaks (21,4%) ja kolmandana pakutakse, et F₂ koosneb üksikaatomitest (20,2%).

Oluline muutus toimub valede vastuste osas 8.-nda ja 9.-nda klassi vahel divesiniksulfiidis esineva sideme osas – kaheksandas klassis pakuvad vaid 14,4% vastanutest, et selles aines esineb iooniline side, kuid üheksandas klassis on see protsent juba 30,4. Võimalik selgitus võiks olla see, et üheksandas klassis õpib õpilane ka juba elektrolüütilise dissotsiatsiooni mõistet ning ajab ilmselt segamini H₂S lahustunud (ning osaliselt dissotsieerunud) ja gaasilisel kujul. Kaheksandas klassis on õpilane õppinud, et kahe mittemetalli aatomi vahel on tavaliselt kovalentne side. Huvitav on ka analoogiliselt küllalt suur erinevus ka CO₂ juures – kaheksanda klassi testides esines CO₂ pakkumist iooniliseks aineks vaid 13,9% juhtudest, samas üheksandas klassis juba 20,6%. Võib-olla CO₂ juures mängib rolli tema sidemete polaarsus, võib-olla analoogia H₂S-ga?

Analüüsides H₂S ja CO₂ ioonideks pakkunute teste, leiti, et korrelatsioon nende kahe vahel on väike (koefitsient 0,26), sarnaselt pakkus 50 õpilast, 91 õpilast oli pakkunud H₂S ioonideks, kuid CO₂ mitte (neist 6 on pakkunud CO₂ üksikaatomitest koosnevaks) ning 61 õpilast pakkus CO₂ iooniliseks aineks ning H₂S mitte (neist 10 on H₂S kohta arvanud, et

see koosneb üksikaatomitest). Ilmselt ei ole siin CO₂ ja H₂S sarnasusel põhinevat analoogiat ning väärvastuste tekkimise põhjused peituvad mujal.

Põhikool. Sisuline analüüs – ioonilised ja molekulaarsed ained.

Et mõista paremini õpilaste vastuste kujunemist ja võimalike väärarusaamade teket, analüüsiti teste selle küsimuse osas ka rohkem sisuliselt. Eraldi vaadeldi ionide ja molekulide osa, üksikaatomite osa jäeti esialgu kõrvale.

Ioonide osas jaotati testid vastuste alusel nelja rühma – a,b,c ja d. Rühma „a“ kuulusid need testid, kus oli vastatud, et ioonidest koosneb ainult KBr (ristike oli ainult KBr juures). Sellesse rühma kuulunud testide sooritajad olid tõenäoliselt saanud aru ioonilise sideme mõistest kuna nad suutsid leida valikvariantidest selle ainsa ja õige ioonilise aine. Kaheksanda klassi testidest oli siia rühma kuuluvaid 18,7% (70 testi 374-st) ja üheksandast klassist 18,2% (52 testi 286-st) kokku oli põhikoolist selliseid teste 122/660 ehk 18,5%. Rühma „b“ kuulusid need testid, milles oli vastatud, et ioone sisaldavad nii KBr kui ka H₂S. Selle rühma testidele vastajad on ilmselt need, kes on aru saanud ioonilise sideme mõistest, aga kes teevad selle vea, et ajavad segamini H₂S lahuses ja gaasina. Selles rühmas oli 8. klassist 14 testi (3,7%) ja 9. klassist 29 testi (10,1%), kokku 43 testi (6,5%). See, et üheksandast klassist oli see protsent küllalt suur, toetab autorite arvamust, et tegemist on ilmselt ühe väärarusaamaga. Rühma „c“ kuulusid need testid, milles oli KBr (ja/või H₂S) kõrval ioonilisena ära märgitud ka teisi aineid (8. kl. 25,9%; 9. kl. 31,12%, kokku 28,1%), see näitab, et õpilasel, kes testi tegi võib olla küll teadmised ioonilisest sidemest või mälust pärit teadmised, et KBr on iooniline aine, kuid ta ei saa sellest üheselt ja kindlalt aru (või sattus õige(m) vastus juhusliku pakkumise teel testi). Rühmas „d“ olid need testid, kus KBr (ja/või H₂S) vastus puudus, oli mõni teine aine, või ei olnud pakutud ühtegi ioonilist ainet. Selle rühma teste teinud õpilased ilmselt ei saa ioonilise sideme mõistest aru. Siia kuulus kaheksandast klassist 51,34% (192 testi) testidest ja üheksandast klassist 40,5% (116) testidest, kokku 46,7% (308) testidest.

Eelnev analüüs näitab, et ioonilise sideme mõiste on põhikoolis suhteliselt halvasti õpitud või aru saadud. Kaheksandas klassis võib probleem ühest küljest küll suurem tunduda, kuid osa teste on tehtud ajal, mil õpilased veel keemilist sidet otseselt keemia tunni raames õppinud ei ole.

Molekulide osas jaotati testid seitsmesse rühma – a,b,c,d,e,f ja g. Rühma „a“ kuulusid need testid kus olid kõik kolm molekulaarset ainet õigesti vastatud. Rühmas „b“ olid need testid, kus oli pakutud molekulidest koosnevaks F₂ ja CO₂ ning puudu oli H₂S, rühmas „c“ olid need testid kus peale väärisgaaside olid pakutud CO₂ ja H₂S, aga puudu oli F₂ ning rühmas „d“ olid need testid, kus oli pakutud H₂S ja F₂, aga puudu oli CO₂. Rühmades a,b,c ja d võisid olla molekulidena pakutud ka väärisgaasid – üheaatomilised molekulid. Nende rühmade testide vastajad olid ilmselt molekuli mõistest aru saanud, kuid rühmades b,c ja d olid vastajad mingil põhjusel kas mitte ära tundnud või väärsti pakkunud mõne molekulaarse aine kas iooniliseks või üksikaatomitest koosnevaks.

Rühma „e“ kuulusid testid, kus oli vastatud mõned õiged ja mõned valed ained (ka need testid, kus kolmest molekulaarsest ainest oli ära tuntud ja pakutud vaid üks kuulusid siia) – õpilased ilmselt teavad, mis on molekul, kuid ei saa sellest päriselt aru või pakuvad vastuseid juhuslikult.

Rühmas „f“ olid testid, milles olid vaid valed vastused, vastused puudusid või olid ilmselt huupi pakutud (mitu lahtrit täidetud, ilmselt vale „muster“ moodustatud vms.) – õpilased tõenäoliselt pole molekuli mõistet omandanud.

Rühma „g“ kuulusid need testid, kus väärvastusena oli vaid väärisgaas – seda ei saa veaks lugeda, kuid kuna väärisgaaside jaoks oli ka täpsem vastusevariant, siis ei saa seda ka päris õigeks lugeda.

Tabel 2. Molekulide osa analüüs. Testide jaotumine rühmadesse.

rühm	8. klass, 374 testi protsent, testide arv	9. klass, 286 testi protsent, testide arv	Kokku, 660 testi protsent, testide arv
a	15,0%, 56	10,8%, 31	13,2%, 87
b	5,1%, 19	5,2%, 15	5,2%, 34
c	13,1%, 49	13,3%, 38	13,2%, 87
d	5,4%, 20	2,5%, 7	4,1%, 27
e	35,0%, 131	46,5%, 133	40,0%, 264
f	28,9%, 108	20,3%, 166	25,2%, 166
g	8,0%, 30	7,3%, 21	7,7%, 51

Täiesti õigesti vastanute hulk on suhteliselt väike (vt. tabel 2), kuid gruppidesse a,b,c ja d kuulub kokku 35,7% (235) testidest - 8. klassis 38,5% (144) ja 9. klassis 31,8% (91) testidest, mis näitab, et umbes kolmandik õpilastest on molekuli mõistest põhimõtteliselt aru saanud. Antud gruppidest on vastupidiselt autori ootustele kõige suurema vastustehulgaga grupp „c“, mitte grupp „b“. Üllatuslikult on õpilastel kõige raskem molekulina ära tunda fluori. Tabelist 1 näeme, et F₂ pakkumine üksikaatomitest koosnevaks aineks on väga levinud (20,2%) ja eriti üheksandas klassis (25,5%) ning suhteliselt paljud arvavad ka, et F₂ koosneb ioonidest (13,0%). Võib-olla peitub siin üks väärarusaamu. CO₂ ja H₂S välja jätmise molekulide hulgast on peaaegu võrdset esindatud, seega ei saa selle analüüsi põhjal väita, et H₂S või CO₂ pakkumine iooniliseks aineks on laialt levinud väärarusaam nende hulgas, kes on molekuli mõistest aru saanud.

7.73% õpilastest, kes esimest korda testi tegid on arvanud, et vääriskaasid on molekulidest koosnevad. Nagu juba varem mainitud, ei ole see täiesti vale (kui tuua sisse nn. üheaatomilise molekuli mõiste).

Päris valesti on vastanud veerandi jagu õpilastest (25,2%). Võrreldes iooniliste ainete analüüsis toodud valede vastusega (46,7%), on see protsent oluliselt väiksem. Täiesti õigete vastuste osas jääb molekulide osa vastamine tase natuke madalamaks kui ioonide puhul, kuid kui arvestada juurde ka väikeste vigadega vastused (b, c ja d), siis on molekulide tundmine põhikoolis oluliselt parem kui ioonidel (vastavalt 35,6% ja 18,5%)

Gümnaasium. Sisuline analüüs – ioonilised ja molekulaarsed ained.

Gümnaasiumiosas viidi läbi põhikooli osale analoogne analüüs, kuid kuna küsimus 1a erineb gümnaasiumiosas pisut põhikooli testi küsimusest, siis on küsimuse ioonide osa analüüsi tulemused mitte võrreldavad gümnaasiumi omadega, kuid molekulide käsitlemise osas on analüüs sarnane.

1. a) Millest koosnevad järgmised ained? Märki ristikesega vastav lahter. (M/L/J/m)

Koosneb:	KBr	H ₂ S	Xe	F ₂	LiI	Ne	CaCl ₂	CO ₂
Ioonidest								
Molekulidest								
Üksikaatomitest								

Joonis 2. Gümnaasiumiosa testi küsimus 1.a.

Ioonide osas jaotati gümnaasiumiosa testid viide rühma – a,b,c,d ja e. Rühma „a“ kuulusid testid, kus oli vastatud kõik ioonilised ained (3 – KBr, LiI, CaCl₂) ja ühtegi vale vastust polnud – ioonilise sideme mõiste on selge ning vastavad ained tuntakse eksimatult ära. Rühmas „b“ olid testid, kus oli osa ioonilisi pakutud ja valesid vastuseid polnud – ioonilise sideme mõiste on ilmselt selge, kuid mõnede ainete ära tundmisega tekib raskusi. Rühmas „c“ olid mõned õiged ja mõned valed pakkumised ionide reas. Rühmas „d“ olid kas kõik või osa õiged ning lisaks H₂S. Rühmas „e“ oli ka teisi vigu.

Rühma „a“ kuulunud teste oli kokku 110 (17,5%), neist 76 10. klassis ja 34 11. klassis (19,5% ja 14,1%). Rühmas „b“ oli teste kokku 99 ehk 15,7% (10 kl 62 tk – 15,9%; 11 kl 15,4% - 37 tk.). Kokku oli rühmas „a“ ja „b“ teste 209 (33,2%), mis näitab, et umbes kolmandik gümnaasiumiõpilasi on ioonilise sideme mõiste omandanud, kuid osad neist ei tunne kõiki ioonilisi aineid ära.

Rühmas „c“ oli 10. klassis 25 testi (6,4%), 11. klassis 28 testi (11,6%) ja kokku 53 testi (8,4%). Tundub, et 10 klassis on iooniliste ainete tundmisel kahtlejad tunduvalt vähem kui 11. klassis.

Rühm „d“ on tegelikult rühma „c“ alarühm, kus on välja toodud need, kes vääralt on pakkunud, et H₂S koosneb ionidest. Kokku kuulub siia 82 testi (13,0%), 10. klassist 12,3% ehk 48 testi; 11. klassist 14,1% - 34 testi. See küllaltki suur protsent võib viidata taas väärarusaamale, et H₂S on iooniline aine või ka sellele et väga paljud gümnaasiumiõpilased ajavad segamini selle aine lahuse vees ning aine enda. Kahjuks võrdlust põhikooliga siinjuures välja tuua ei saa, kuna test oli pisut erinev.

Rühmas „e“ olid need, kes ilmselt ioonilise sideme mõistet pole täielikult omandanud või ei vaevunud testile vastama (kokku 45,6% e 287 testi; 10 kl. 179 testi – 46,0%; 11. kl. 108 testi, 44,8%). See protsent on väga suur.

Molekulide osas jaotati testid rühmadesse täpselt samadel alustel nagu põhikooli osaski.

Tabel 2. Molekulide osa analüüs gümnaasiumiosas. Testide jaotumine rühmadesse.

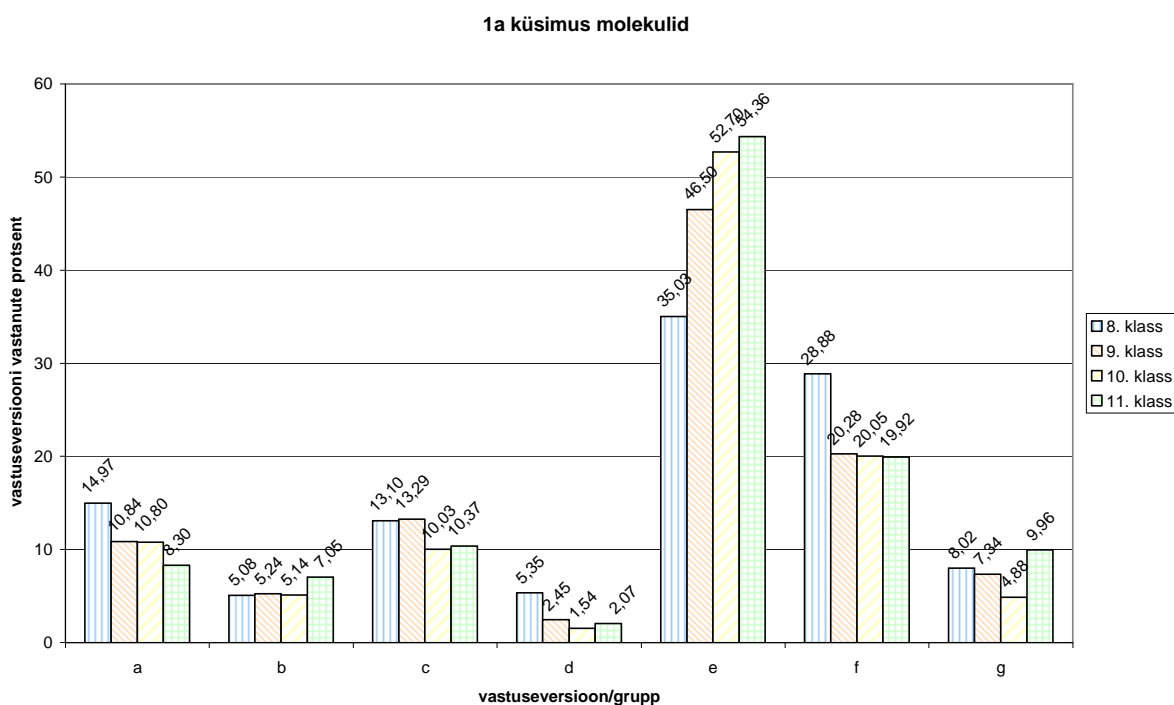
rühm	10. klass, 389 testi protsent, testide arv	11. klass, 241 testi protsent, testide arv	Kokku, 630 testi protsent, testide arv
a	10,8%, 42	8,3%, 20	9,8%, 62
b	5,1%, 20	7,1%, 17	5,9%, 37
c	10,0%, 39	10,4%, 25	10,2%, 64
d	1,5%, 6	2,1%, 5	1,8%, 11
e	52,7%, 205	54,4%, 131	53,3%, 336
f	20,1%, 78	19,9%, 48	20,0%, 126
g	4,9%, 19	10,0%, 24	6,8%, 43

Ka siin võib põhimõtteliselt liita kokku rühmad a,b,c ja d, kuna nende rühmade testide täitjad on ilmselt molekuli mõistest aru saanud, kuid ei tunne kõiki toodud molekule ära või on neil kujunenud mingi väärarusaam. Kokku on nendes rühmades 147 testi, 27,6% testide üldarvust. Jällegi võib välja tuua, et nagu põhikooliski, ei pea suur osa vastajatest fluori molekuli molekuliks. H₂S – ga on probleeme 5,9 % - l vastanutest, mis on keskmiselt pisut kõrgem protsent kui põhikoolis (5,2%). Kui võrrelda ionide osas välja tulnud H₂S iooniks pakkumise protsendiga 13,0 – siis võib arvata, et siin võib olla tegemist väärarusaamaga.

Oma teadmistes kahtlejate või mitte väga kindlate teadmistega grupp on jällegi kõige suurem – 53,3% koguarvust ning molekuli mõistet mitte omandanute või testile vastamata jätnute hulk on samuti küllalt suur – 20%.

6,8% vastanutest liigutab väärisgaasid molekulide hulka ning huvitav on nentida, et seda teeb pea kümnendik (10,0%) 11. klassi õpilastest. Võib – olla on see viide analüütilisemale ja üldistavamale mõtlemisele, mis lubab neid juurelda üheaatomiliste molekulide teema üle.

Kuna molekulide osas on küsimus 1a. ja ka testide jaotumine rühmadesse sarnased, võib tuua välja ka põhikooli ja gümnaasiumi võrdluse.



Joonis 1. Eri klassiastmete võrdlus - molekulid.

Huvitav on see, et päris õigesti vastanute hulk aasta-aastalt kahaneb – umbes 6 protsendi ulatuses. Samuti kahaneb nende suhteline hulk, kes ei pea F_2 ja/või CO_2 molekulaarseteks aineteks kuid saavad põhimõtteliselt molekuli mõistest aru. Vastavalt sellele suureneb nende hulk, kes on segaduses, ei saa kovalentse sideme ja molekuli mõistest täielikult aru või pole seda korralikult omandanud (grupp „e“). Täiesti valede vastuste osakaal õnneks langeb, olles kõige suurem 8. klassis mis on ka arusaadav, kuna antud testi tegemise aeg või sattuda ajale, mil kõiki mõisteid keemia tunni polnud veel õpitud.

Gümnaasium. Testi küsimus 1b.

Gümnaasiumiosas tehti analüüs ka 1b küsimusele. Antud tabelis on välja toodud õpilaste vastused.

Tabel 3. Gümnaasiumiosas küsimuses 1b toodud näidete kokkuvõte

	molekulid				metalliioonid			
10. klass, 390 vastajat	Õiged	Vastamata	metall/ metalliühend	muu	Õiged	vastamata	sool, (muu metalliühend)	muu
nullid	200	235	348	387	321	192	280	377
vastused	190	155	42	3	69	198	110	13
% kõigist	48,7	39,7	10,8	0,8	17,7	50,8	28,2	3,3
% valedest			93,3	6,7			89,4	10,6
	molekulid				metalliioonid			
11. klass, 241 vastajat	Õiged	Vastamata	metall/ metalliühend	muu	Õiged	vastamata	sool, (muu metalliühend)	muu
nullid	135	150	200	238	184	118	188	233
vastused	106	91	41	3	57	123	53	8
% kõigist	44,0	37,8	17,0	1,2	23,7	51,0	22,0	3,3
% valedest			93,2	6,8			86,9	13,1
	molekulid				metalliioonid			
kokku, 631 vastajat	Õiged	Vastamata	metall/ metalliühend	muu	Õiged	vastamata	sool, (muu metalliühend)	muu
nullid	335	385	548	625	505	310	468	610
vastused	296	246	83	6	126	321	163	21
% kõigist	46,9	39,0	13,2	1,0	20,0	50,9	25,8	3,3
% valedest			93,3	6,7			88,6	11,4

LISA 5. Ülevaade testide lisaküsimuste tulemustest

Tabel 1. Testidest välja tulnud „põhjendused“ - põhikooli ja gümnaasiumi võrdlus.

	Põhikool	Gümnaasium
Esmakordselt testitvate arv	660	631
Vastanuid	347	273
Sh. Kaks põhjust välja toonuid	75	38
Vastamata	313	358
Õpitu on meelest läinud/ mälu on halb/ mitte midagi ei ole meeles/ mälu puudub	184	129
Ei jõudnud etteantud ajaga testi valmis/ aega vähe	0	9
Ei oska keemiat/ ei saa keemiast aru/ keemia on raske	17	39
Ei tunne mõisteid/ definitsioone ei oska	0	2
Palju puudunud/ õpingutes maha jäänud	5	3
Pole veel õppinud seda teemat	28	13
Ei oska/ ei tea (ei oska konkreetset ülesannet)	80	31
Ei korranud enne testi	9	10
Pole selliseid ülesandeid varem lahendanud/ sellist ülesannet ei oska	9	11
Ei saa teemast aru	3	6
Ei tea miks on raske (test)/ lihtsalt on raske	9	11
Tuli mõelda/ ei viitsinud mõelda	8	6
Ei tea peast (mõisteid/ aatomi ehitust vms.)	0	2
Ammu õpitud teema (ka kui oli kirjas eelmine aasta õpitud)	22	7
Õpetaja halb/ kool halb/ keemiaõpe halb	5	6
Keemia ei meeldi või ei huvita	3	5
Õpin ainult tööks/ õpin vähe/ ei õpi piisavalt	4	4
Ei olnud endas või vastuses kindel	4	4
Joonised või ülesanne segane	20	3
Ei pannud tunnis tähele	0	1
Ei viitsinud testi teha/ ülesannet lõpunigi lugeda	0	2
Olen rumal/ loll	0	1
Olen väsinud/ olen tüdinud/ igav on (keemia, õpe, test)	6	2
Neid vastuseid ei saa loogiliselt tuletada	1	1
Ei ole mõtet asju pähe ajada	1	2
Mõtted olid mujal	2	1
Õpikut ei saanud kasutada	2	0

Tabel 2. Põhikooliosa „põhjenduste“ edetabel

Põhjendus	Esinemine
Õpitu on meelest läinud/ mälu on halb/ mitte midagi ei ole meeles/ mälu puudub	184
Ei oska/ ei tea (ei oska konkreetset ülesannet)	80
Pole veel õppinud seda teemat	28
Ammu õpitud teema (ka kui oli kirjas eelmine aasta õpitud)	22

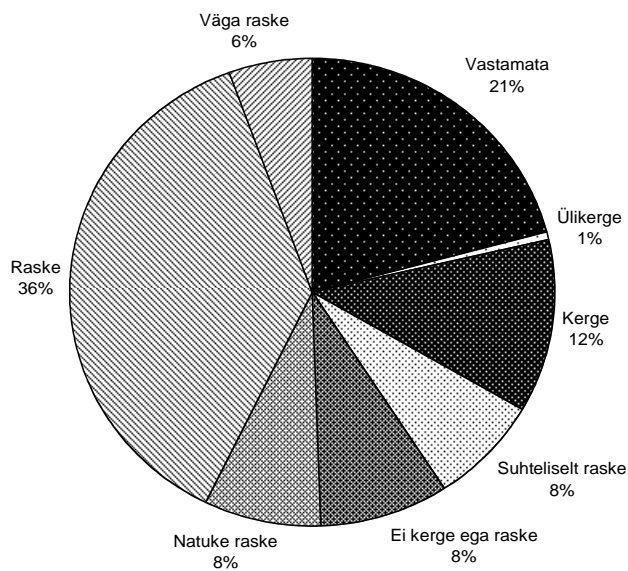
Joonised või ülesanne segane	20
Ei oska keemiat/ ei saa keemiast aru/ keemia on raske	17
Ei korranud enne testi	9
Pole selliseid ülesandeid varem lahendanud/ sellist ülesannet ei oska	9
Ei tea miks on raske (test)/ lihtsalt on raske	9
Tuli mõelda/ ei viitsinud mõelda	8
Olen väsinud/ olen tüdinud/ igav on (keemia, õpe, test)	6
Palju puudunud/ õpingutes maha jäänud	5
Õpetaja halb/ kool halb/ keemiaõpe halb	5
Õpin ainult tööks/ õpin vähe/ ei õpi piisavalt	4
Ei olnud endas või vastuses kindel	4
Ei saa temast aru	3
Keemia ei meeldi või ei huvita	3
Mõtted olid mujal	2
Õpikut ei saanud kasutada	2
Neid vastuseid ei saa loogiliselt tuletada	1
Ei ole mõtet asju pähe ajada	1

Tabel 3. Gümnaasiumiosa „põhjenduste“ edetabel

Põhjendus	Esinemine
Õpitu on meelest läinud/ mälu on halb/ mitte midagi ei ole meeles/ mälu puudub	129
Ei oska keemiat/ ei saa keemiast aru/ keemia on raske	39
Ei oska/ ei tea (ei oska konkreetset ülesannet)	31
Pole veel õppinud seda teemat	13
Pole selliseid ülesandeid varem lahendanud/ sellist ülesannet ei oska	11
Ei tea miks on raske (test)/ lihtsalt on raske	11
Ei korranud enne testi	10
Ei jõudnud etteantud ajaga testi valmis/ aega vähe	9
Ammu õpitud teema (ka kui oli kirjas eelmine aasta õpitud)	7
Ei saa temast aru	6
Tuli mõelda/ ei viitsinud mõelda	6
Õpetaja halb/ kool halb/ keemiaõpe halb	6
Keemia ei meeldi või ei huvita	5
Õpin ainult tööks/ õpin vähe/ ei õpi piisavalt	4
Ei olnud endas või vastuses kindel	4
Palju puudunud/ õpingutes maha jäänud	3
Joonised või ülesanne segane	3
Ei tunne mõisteid/ definitsioone ei oska	2
Ei tea peast (mõisteid/ aatomi ehitust vms.)	2
Ei viitsinud testi teha/ ülesannet lõpunigi lugeda	2
Olen väsinud/ olen tüdinud/ igav on (keemia, õpe, test)	2
Ei ole mõtet asju pähe ajada	2
Ei pannud tunnis tähele	1
Olen rumal/ loll	1
Neid vastuseid ei saa loogiliselt tuletada	1
Mõtted olid mujal	1

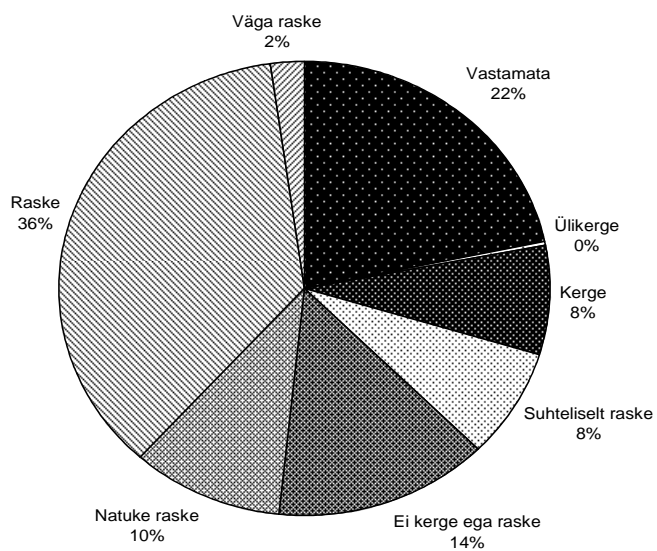
Õpilaste hinnangud testi raskusele

Põhikooliosa testi raskushinnangud



Joonis 1. Põhikooliosa testi raskushinnangud

Gümnaasiumiosa testi raskushinnangud



Joonis 2. Gümnaasiumiosa testi raskushinnangud