

TARTU ÜLIKOOL
Loodus- ja tehnoloogiateaduskond
TÜ Keemia Instituut

BRITT REIMETS
**PÕHIKOOLI JA GÜMNAASIUMI KEEMIAÕPETUSES
FÜÜSIKAGA ENAMSEOTUD MÕISTETE OMANDATUS NING
NENDEGA SEOTUD VÄÄRARUSAAMAD**
Magistritöö keemiahariduse erialal

Juhendaja: dotsent LEMBI TAMM

Tartu 2010

SISUKORD

1.	SISSEJUHATUS	3
2.	ÕPPEAINETE INTEGRATSIOON (LÕIMIMINE)	6
2.1.	Integratsiooni (lõimimise) mõiste	6
2.2.	Integratsiooni liigid	7
2.3.	Loodusteaduslike õppeainete integratsioon	10
2.4.	Integratsiooni vajalikkus	11
2.5.	Integratsiooniga seotud probleeme	13
3.	VÄÄRARUSAAMAD KEEMIAS	14
3.1.	Väärarusaama mõiste	14
3.2.	Väärarusaamade liigid	15
3.3.	Väärarusaamade tekkest.....	17
3.4.	Väärarusaamade kindlakstegemine.....	21
3.5.	Õpilastel esinevate väärarusaamade vähendamine	23
4.	UURIMUSLIK OSA	25
4.1.	Uurimistöö metoodika	25
4.2.	Esimese uuringu tulemused ja arutelu	28
4.3.	Teise uuringu tulemused ja arutelu	42
4.4.	Õpetajate küsitluse tulemused ja arutelu.....	67
5.	KOKKUVÕTE	77
6.	KASUTATUD KIRJANDUS.....	80
7.	SUMMARY.....	84
8.	LISAD	88
	Lisa 1. Esimese uuringu 5. – 6. klassi küsimustik.....	88
	Lisa 2. Esimese uuringu 7. klassi küsimustik.....	88
	Lisa 3. Esimese uuringu 8. – 9. klassi küsimustik.....	89
	Lisa 4. Teise uuringu põhikooli küsimustik	90
	Lisa 5. Teise uuringu gümnaasiumi küsimustik.....	93
	Lisa 6. Õpetajate küsitluslehed.....	96

1. SISSEJUHATUS

Üldhariduskooli ühe olulisema eesmärgina on Riiklikus õppekavas välja toodud õpilaste arendamine. Loodusainete (loodusõpetus, keemia, füüsika) õppeprotsess peaks kujundama õpilastel nüüdisaegse loodusteadusliku maailmapildi. Väga oluline on seejuures õppurite enda tahe ja aktiivsus. Kahjuks on paljudel õpilastel üsna negatiivne hoiak nende õppeainete suhtes [1]. Nende jaoks on loodusteaduslikud ained liiga rasked ja abstraktsed. Üheks probleemiks on see, et erinevates õppeainetes käsitletakse loodust erinevatest aspektidest ning õpilased ei suuda omandatud teadmisi seostada omavahel tervikuks. Sellest aga omakorda on õpilastel väga kerged tekkima väärarusaamad. Väärarusaamad on väga püsivad [2] ning nende asendamiseks õigete arusaamadega tuleb näha palju vaeva ja isegi sel juhul ei pruugita alati väärarusaamadest vabaneda. Tervikliku maailmapildi kujundamiseks ning väärarusaamade vähendamiseks on väga oluline integratsioon erinevate õppeainete vahel. Väga tähtis on ka õpetajate piisav pädevus õpilastel esinevate väärarusaamade kindlakstegemisel ning nende kõrvaldamisel.

Üheks siduvaks teemaks füüsika ja keemia integreerimisel on aatomi ehitus. Aatomi näol on tegemist mikromailma objektiga ja seetõttu kasutatakse õpetamisel mudeleid. Suurem osa õppureist ei oma aga mudeli mõistestki õiget arusaama, samastades mudeli vastava objektiga [3], ja kuna erinevates ainetes kasutatakse erinevaid aatomite mudeleid, siis õpilastel ei olegi võimalik seostada erinevates ainetes õpitud ning saada terviklikku loodusteaduslikku maailmapilti.

Seetõttu omab füüsika ja keemia integreerimine väga suurt tähtsust tervikliku loodusteadusliku maailmapildi tekkimiseks. Olulised füüsika mõisted, millele toetub keemiaõpetus, on näiteks energia, (elementaar)laeng, tõmbe- ja tõukejõud laetud osakeste vahel, isotoobid, ioonid ja nende tekkimine, molekul, aine (lahuse) tihedus, aine agregaatolek, sulamis- ja keemistemperatuur, molekulidevahelised jõud, metallide soojus- ja elektrijuhtivus, jt.

Käesoleva magistritöö üheks eesmärgiks oli teada saada, kuidas on põhikooli õpilased omandanud teadmisi aatomi ehituse kohta (5. – 9. klass) ning kuidas nad on suutnud ühendada erinevates õppeainetes omandatud teadmised üheks tervikuks (8. – 9. klass). Aatomi ehituse teema valiti uurimiseks eelkõige seetõttu, et see teema on üks olulisemaid, mis leiab käsitlemist nii füüsika- kui ka keemiaõpetuses. Eesmärgist tulenevalt püstitati järgmised uurimisküsimused:

- 1) Millised on põhikooli õpilaste teadmised aatomi ehitusest ja kuivõrd täiustuvad õpilaste teadmised ning nende rakendamisoskus vanemates klassides?
- 2) Kuivõrd olenevad põhikooli õpilaste vastused samadele küsimustele sellest, kas vastatud on füüsika või keemia tunnis ning kuidas õpilased lõimivad füüsikas ja keemias omandatud teadmisi?
- 3) Millised on õpetajate arvamused integratsioonivõimalustest füüsika- ja keemiaõpetuses?

Õpilaste teadmiste väljaselgitamiseks korraldati neile küsitlus, mis koosnes 5 – 9 küsimusest. Õpilaste teadmiste arengut uuriti sel moel, et osa küsimustest nooremates ning vanemates klassides kattus. Kuna küsimustikud sisaldasid küsimusi, millele vastamiseks pidid õpilased seostama füüsikat ja keemiat, siis uuriti küsimustike abil ka õpilaste oskust nendes õppeainetes õpitud omavahel tervikuks siduda. Selleks, et välja selgitada, kas ja kuidas erinevad õpilaste samadele küsimustele antud vastused erinevates tundides, küsiti samu küsimusi ühelt grupilt õpilastelt füüsikatunnis ning teiselt grupilt õpilastelt keemiatunnis. Uuring viidi läbi Jüri Gümnaasiumis, Kanepi Gümnaasiumis, Sillaotsa Põhikoolis, Tartu Descartes'i Lütseumis ja Tartu Forseliuse Gümnaasiumis. Seda, millised võiksid olla integratsioonivõimalused füüsika ja keemia vahel, uuriti loodusteaduslike ainete õpetajatelt küsimustike abil.

Magistritöö teiseks eesmärgiks oli välja selgitada nii põhikooli kui ka gümnaasiumiõpilaste tüüpilisemad väärarusaamad keemias nende

mõistete/nähtuste/protsesside korral, mis on tihedalt seotud füüsikaga. Selleks püstitati järgmised uurimisküsimused:

- 4) Millised on nii põhikooli kui ka gümnaasiumi õpilaste tüüpilisemad väärarusaamad keemias füüsikaga enamseotud mõistete korral?
- 5) Kuidas õpilaste väärarusaamad muutuvad (vähenevad, kinnistuvad või asenduvad uute väärarusaamadega) vanemates klassides ja kuivõrd?

Õpilaste väärarusaamade väljaselgitamiseks korraldati neile küsitlus, mis koosnes põhikoolis 13 küsimusest ning gümnaasiumis 16 küsimusest. Uuriti ka õpetajate arvamust õpilaste tüüpilisematest väärarusaamadest füüsikaga enamseotud mõistete korral. Õpilaste väärarusaamade muutust (nendest vabanemist, nende vähenemist, nende kinnistumist või nende asendumist uute väärarusaamadega) uuriti samade küsimuste esitamise kaudu erinevatele klassidele. Uuring viidi läbi Puurmani Gümnaasiumis, Põlva Ühisgümnaasiumis, Tartu Katoliku Koolis, Tartu Kivilinna Gümnaasiumis, Tartu Kunstigümnaasiumis, Valga Põhikoolis, Varstu Keskkoolis ja Värska Gümnaasiumis.

2. ÕPPEAINETE INTEGRATSIOON (LÕIMIMINE)

2.1. Integratsiooni (lõimimise) mõiste

Kõige üldisemalt võib integratsiooni käsitleda kui terviku loomist osadest [4]. Mõiste integratsioon (ld integratio) tähendab taastamist, täiendamist, osade ühendamist, liitmist või ühinemist tervikuks, ühtlustamist, ühtlustumist [5]. Integratsioonina mõistetakse millegi kombineerimist sellisel viisil, et see muutuks terviku osaks või ka terviku moodustamist omavahel hästi sobivatest elementidest või osadest. Integreeritakse nii teadmisi, oskusi, väärtushinnanguid kui ka leitakse seoseid ja kasutatakse neid uutes olukordades [6].

Teadusloos käsitletakse integratsiooni kui distsipliinide ühendamist üldiste teooriate või praktiliste probleemide alusel ühtsesse süsteemi või üldteaduslike distsipliinide (biokeemia, infotehnoloogia) tekkimist [7].

Pedagoogikas mõistetakse integratsiooni all erinevates ainevaldkondades omandatud teadmiste ühendamist ja seoste leidmist [8]. Õppeainete tasandil tähendab integratsioon ainetevaheliste seoste loomist ning õppeainete ühendamist tervikuks [9]. Integreerimine on meetod, mida õpetaja peab õppetööd kavandades valdama. Õppeainete integreerimine nõuab õpetajalt õppekava täpset tundmist ja õppeainete sisuliste eesmärkide hoolikat eristamist [10]. Õppeainete integratsioon eeldab ka vastavate ainete õpetajate koostööd. Selline töökorraldus võimaldab nii kooperatiivset planeerimist kui ka õppeaine ja meetodiliste lähenemiste integratsiooni [11].

Eesti keeles on kasutusel ka integratsiooni sünonüümid – lõiming, lõimimine, lõimumine [12].

2.2. Integratsiooni liigid

Õppeainete lõimimine võib toimuda mitmel tasandil [13]. Integratsiooni liigitamiseks on mitmeid võimalusi. Kõige enam kasutatakse integratsiooni jaotamist välimiseks, mis tuleb õpetajatepoolse initsiatiivina ja õppematerjalide kaudu, ning sisemiseks, mida käsitletakse kui uute teadmiste seostamist juba olemasolevatega õpilaste endi poolt.

Välimine integratsioon seisneb selles, et erinevate õppeainete ühendamise on toimunud juba õppematerjalides ning õpilase jaoks on kõik valmis kujul olemas, nii et ise ei pea ta seoste loomisega vaeva nägema. Näiteks on praeguses õppekavas selline õppeaine 7. klassis õpetatav loodusõpetus, milles on integreeritud keemia ja füüsika. Sellise kursuse olemasolu loob eeldused sisemiseks integratsiooniks edaspidi füüsika ja keemia õppimise käigus [8].

Välimist integratsiooni saab teostada mitmel viisil. Üheks kättesaadavamaks on õpetajate omavaheline suhtlemine. Nii näiteks käsitletakse Pärnu Sütevaka Humanitaargümnaasiumis mitmeid matemaatika teemasid lähtuvalt füüsika vajadustest ja võimaluste piires on muudetud ka teemade järjekorda. Sellist koostööd saab rakendada keemia ja bioloogia, keemia ja füüsika vahel, aga ka mis tahes teiste ainete vahel [14].

Sisemise integratsiooni korral toimub erinevates õppeainetes õpitu põhjal ainetevaheliste seoste loomine õpilase enda peas. Sisemist integratsiooni mõistetakse protsessina, mis toimub indiviidis endas, kui ta püüab tähendust omaval viisil korrastada teadmisi ja kogemusi, mis algselt tunduvad üksteisest eraldi seisvat [4]. Seoste loomise käigus õpib õpilane ühendama erinevates õppeainetes omandatud teadmisi ja oskusi. Sisemine integratsioon tähendabki sisuliselt tervikliku maailmapildi kujunemist õpilastel ja koolisüsteem saab aidata selles kaasa välise integratsiooni tähtsustamisega ja süvendamisega. Kui esineb väline integratsioon ehk kõikvõimalikud kõrvalepõiked, selgitused teistes ainetes ja ka ühised (kattuvad) mõisted nii õpikutes kui ka õpetajate poolt esitatavas materjalis, siis soodustab see ka sisemist integratsiooni – õpilase oskust

seostada teadmisi erinevates õppeainetes, näiteks kasutada füüsika teadmisi keemias ja vastupidi [14].

Soodustamaks õpilastel sisemise integratsiooni tekkimist õpetatakse Tallinna Mustamäe Gümnaasiumis loodusaineid lõimitult projektipõhiselt: terve õppeaasta tegevus on koondatud ühe teema alla ja igaks õppeaastaks koostatakse tegevuskava, mis sisaldab loenguid, seminare, õppekäike, uurimis- ja välitöid [15]. Eesmärgiga seostada loodusteaduslikud teadmised süsteemseks maailmavaateliseks tervikuks, kasutatakse ühtse laine meetodit. Ühtse laine meetodiks nimetatakse loodusteaduslike õppeainete esitust, milles püütakse tagada erinevate õppeainete vastastikune sünkroonne toetus nii objektide, nendega toimuvate nähtuste kui ka esinevate protsesside põhjuste analüüsi tasemel [16]. Ühtse laine meetodit rakendatakse Rakvere Reaalgümnaasiumis, kus kogu gümnaasiumi õppeaja jooksul õpetatakse füüsikat, keemiat, bioloogiat ja maateadust integreeritult vertikaal- ja horisontaalsuunaliselt läbivate teemade kaudu. Läbivateks teemadeks on näiteks evolutsioon, liikumine, vastasmõju jne [17].

Lõimimine võib olla horisontaalne, kus õppematerjal ühendatakse toimivaks tervikuks, või vertikaalne, kus muudetakse õppeainetevahelisi suhteid ajas [10].

Vertikaalne integratsioon tähendab terviku moodustamist õppeaine siseselt kogu kursuse ulatuses [4]. Sellise integratsiooni puhul on õppeainete sidujateks ühised mõisted, seadused, teooriad, loodusteaduste uurimismeetodid jne [6]. Vertikaalse lõimimisega luuakse õppeaine elementide hierarhiline struktuur, nii et on näha, mis järjekorras õppeaine läbitakse [4]. Klassist klassi liigutakse tuntult tundmatule, lähemalt kaugemale ja konkreetsemalt abstraktsemale. Integratsioon õppeaines endas toimub, kui üks teema kasvab teisest välja või täiendab eelmist. Seega on õppeaine piires vaja teada, milline on õppesisu eelmistes klassides ja mis järgneb edaspidi [6].

Vertikaalne lõiming loob omakorda baasi horisontaalsele lõimingule, mis toimub ainete vahel ja osutab sellele, et tervikuna on tähtsad kõik õppeained omavahelistes seostes [18]. Horisontaalne lõimimine on üldiste mõistete käsitlemine eri külgedest

erinevates õppeainetes, et kindlustada mõistetele võimalikult avarad seosed [17]. Horisontaalne integratsioon on suunatud objekti (nähtuse) tundmaõppimisele erinevatest aspektidest. Ainejaotusliku õppekava korral kasutatakse horisontaalsel integreerimisel põhiliselt kahte moodust. Kasutatakse paralleelset õpetamist, mille puhul eri õppeainete õppematerjal järjestatakse nii, et oleks võimalik seotud küsimusi ühel ja samal ajal õpetada. Teise, äärmuslikuma moodusena kasutatakse olemuselt lähedaste õppeainete osalist või täielikku liitmist [6].

Probleeme tekitab eelkõige horisontaalne integratsioon, mis on suunatud objekti (nähtuse) tundmaõppimisele erinevatest aspektidest. See on tunduvalt keerulisem vertikaalsest lõimimisest, sest nõuab paralleelset õpetamist, mille puhul eri ainete õppematerjal peaks olema järjestatud nii, et oleks võimalik omavahel seotud küsimusi ühel ja samal ajal õpetada [6]. See nõuab väga mahukat eeltööd ning kuna iga õppeaine lähtub eelkõige oma ainealasest loogikast ja süsteemsest käsitlusest, siis polegi alati võimalik samasid teemasid erinevates õppeainetes samal ajal käsitleda. Lõimingu kavandamisel tulekski lähtuda sellest, et ainete sobitamine peaks mõistlike pingutuste korral andma selge ja positiivse tulemuse terviku kujundamisel. Kui ühendada õpe seal, kus uut kvaliteeti ei sünni, on see lihtsalt ressursside raiskamine ja ainete sisemise loogika hägustamine [19].

Õpetuse integratsioon eeldab kokkulepitud õppekorralduse järgimist ja ka senisest suuremat koostööd õpetajate vahel õppetöö korralduses, ühiste rõhuasetuste määramises, komplekssete õppeülesannete, projektide, läbivate teemade käsitlemise osas. Oskuslik seoste loomine nõuab hoolsaid, vilunud ja andekaid õpetajaid ning sõltub sageli õpetaja entusiasmist [6]. Õpetajatel soovitatakse integratsioonivõimaluste leidmiseks rohkem koostööd teha ja rõhutatakse tunniteemade ühildamise olulisust ning pakutakse välja, et võimaluse korral võiksid vähemalt kodused iseseisvad ülesanded olla mitut ainet hõlmavad, mis oleks esimene samm õppeainete integratsiooni suunas [20].

2.3. Loodusteaduslike õppeainete integratsioon

Praegu kehtiva Riikliku õppekava üldosast võib välja lugeda, et üldhariduskooli kõrgeim siht ja väärtus on õpilase terviklik areng. Võiks eeldada, et sel juhul pakub riiklik õppekava ka lahendusi, kuidas seda saavutada.

Õppekavas on eraldi välja toodud õpetuse integratsiooni alused, mis saavutatakse läbivate teemade, temaatiliste rõhuasetuste, õppeülesannete ja -viiside abil. See eeldab kokkulepitud õppekorralduse ja hindamispõhimõtete järgimist, õpetajatevahelist koostööd pädevuste konkretiseerimisel, õpetuse eesmärkide püstitamisel, õppesituatsioonide loomisel ja eri ainetele ühiste probleemide ja mõistestiku määratlemisel. Kuid kuidas erinevate ainete kaudu õpilastel kujundada terviklikku maailmapilti õppekavas pole esitatud. Väga suureks probleemiks on ka lähedaste teemade õpetamine erinevates õppeainetes erineval ajal. Võimaluse korral tuleks lähedasi teemasid käsitleda ajaliselt võimalikult lähestikku.

Tagamaks integratsiooni erinevate õppeainete vahel, oleks vaja teha vastavaid muudatusi ainekavades. Uurides õppevahendeid selgub, et erinevate materjalide autorid pole piisavalt püüdnud ainetevahelisi seoseid arvestada. Eriti suureks probleemiks on terminid, mille tähendus erinevates õppeainetes on erinev [21]. Näiteks tähendavad langemisnurk geograafias ja langemisnurk füüsikas erinevaid asju. Lahenduseks oleks siin erinevate õppevahendite autorite kokkulepe keelekasutuses ja tihedam sisuline koostöö.

Õppeainete omavahelist seostamist on Eesti pedagoogilises praktikas suuremal või vähemal määral kasutatud läbi aegade. Juba 1920-30. aastatel tähtsustas üks Eesti silmapaistvaimaid pedagooge (J. Käis) õpetegevuse terviklikkust, mis vabastab ja paneb liikuma lapse sisemised jõud [22]. Tema arvates on viljaka töö psühholoogiliseks eelduseks elav püsiv huvi ja aktiivne keskustatud tähelepanu [23].

Õppeainete integratsioon on pidev protsess, kus on vajalik erinevate õppeainete esindajate koostöö. Õppekava seisukohalt on ainetevahelise integratsiooni optimaalseim võimalus temaatiline seostatus [13]. Seejuures ei saa ainetevahelisel integratsioonil eelistada üht õppeainet teisele, kuna olulised on kõikide õppeainete omavahelised seosed. Kui ühte probleemi käsitleda eri külgedest s.t erinevates ainetes, annab see õppijale oskuse probleemidele komplekselt läheneda.

Loodusteaduslike ainete integreerimisel on juba astunud mõned sammud selles suunas. Nii näiteks on juba alates 1996. aasta ainekavast koolis 7. klassis keemia ja füüsika ühendatud integreeritud loodusõpetuse kursuseks. Kogu eelnev loodusõpetus kuni 6. klassini on ju tegelikult üks integreeritud õppeaine kõigist loodusainetest. Kuna loodusained on küllaltki abstraktsed, siis on nad õpilastele üsna rasked. Enamasti ollakse seisukohal, et loodusteaduslike õppeained integreeritult õpetades on võimalik suurendada õpilaste huvi nende ainete vastu. Loodusainete integratsiooni kaudu tekib lootus, et nii õnnestub muuta loodusteaduslike aineid õpilastele rohkem vastuvõetavamaks.

Üheks läbivaks teemaks loodusteaduslikes ainetes on aatom. Õpilase jaoks erineb aatom keemias aatomist füüsikas. Kuna õpilastel on sageli arusaam, et mudel on lihtsalt objekti suurendatud või vähendatud koopia [3], siis järelikult on modelleeritav objekt ka täpselt samasugune nagu mudelgi (va suurus) ning seega füüsikas ja keemias kasutatavate erinevate mudelite põhjal kujunebki arvamus, et tegemist on erinevate mõistetega. Et selline väärarusaam kaoks, oleks vaja õpilastele kõigepealt selgitada, et tegemist on mudelitega. Samuti peaksid õppurid teadvustama, et ühe ja sama objekti kohta esitatavad mudelid ei peagi olema samasugused, kuna nad lähenevad objektile erinevatest vaatenurkadest. Alles seejärel tuleks selgitada neid erinevaid vaatenurki.

2.4. Integratsiooni vajalikkus

Eelpooltoodut kokku võttes ilmneb olukord, kus õpilastel on küll olemas teadmised, ent nad ei oska neid kasutada. Teadmised jäävad eraldiseisvateks seostamata

üksikfaktideks, kuna need on omandatud erinevates ainetes. Et muuta õppetöö efektiivsemaks, mitmekülgsemaks ja loovamaks, on vaja arvestada ainetevaheliste seostega [13]. Integratsioon ainete vahel võimaldab ühel ainel toetada teist, aitab õpitud edasi arendada, kinnistada ning terviklikku arusaamist luua.

Õppeprotsessi tulemusel peaks õpilasel kujunema või arenema järgmised üldist laadi arusaamad: maailm on terviklik, erinevad õppeained kirjeldavad ja seletavad maailma erinevatest aspektidest ja erinevas “keeles“ [21].

Ainetevaheline integratsioon on õigustatud ja vajalik eriti algõpetuses, kus on oluline et üksikute õppeainete õpetamine toimuks tihedas seoses. On kohatu vaadelda laste kognitiivset arengut killustatud ainevaldkondades. Õppevaldkondade vahelist lõimumist peetakse tõhusaks vahendiks lapse igakülgse arendamise ja õpetamise. Just ainetevaheline integratsioon teeb õppimise õpilaste jaoks mõtestatuks [6].

Ainete integreeritud õpetamine koolis toetab analüütilise mõtlemise arendamist. Seoste loomise ja leidmise oskus on kasulik mitte ainult info tulvas orienteerumisel, aga kindlasti ka mis tahes õppeaine omandamisel ja maailmast tervikpildi tekkimisel. Seoste olemasolu soodustab mõistmist, mäletamist, motivatsiooni ja ideede tekkimist ning nende puudumine raskendab teadmiste kasutamist [14].

On väga oluline, et lapsed oskaksid rakendada oma teadmisi erinevates valdkondades ning mõistaksid ainetevahelisi seoseid. Kuid seejuures peab silmas pidama asjaolu, et kui tahes hästi kavandatud tegevusest ei ole kasu, kui selle juures ei võeta arvesse õppijat ja tema vajadusi. Sisemise lõimingu eelduseks on õppija aktiivsus ja motiveeritus. Seetõttu peaks õpetamine olema õppijakeskne, arvestama õpilaste ealisi iseärasusi, eelnevaid teadmisi ja kogemusi ning andma neile valikuvõimalusi. Samuti peaks õpilane saama õppeprotsessi planeerimises osaleda [18]. Ka peaksid integratsiooni nõudvad ülesanded lähtuma õpilaste huvidest ning olema elulise sisuga

Seosed erinevate õppeainete vahel kujundatakse temaatiliste rõhuasetuste, ainekavu läbivate teemade, õppeülesannete, -meetodite ja -viiside abil. Integratsioon soodustab õpitava käsitlemist erinevatelt alustelt ja seisukohtadelt [6]. Samuti aitab õppeainete integreerimine hoida kokku aega ja vähendada õppeainete niigi suurt mahtu.

Eriti vajalik on integratsioon loodusteaduslikes ainetes, kus on mitmeid sisulisest tihedalt seotud teemasid ning mis on oma olemuselt küllaltki abstraktsed. Kuid sisemine integratsioon saab toimuda vaid siis kui igas õppeaines on juba põhimõisted omandatud ning õpilastel on teadmised, mille põhjal lõimimist läbi viia.

2.5. Integratsiooniga seotud probleeme

Ainetevahelisi seoseid ära kasutades ja neid ka ise luues on leitud ka integratsiooni negatiivseid külgi. Kui kombineeritakse mehaaniliselt teatud teemasid erinevatest õppeainetest, siis selliselt integreeritud õppekavad on laialivalguvad ja ebamäärased. See oleks kõrvaldatav, kui valitakse hoolikalt hõlmavaid ideid. Kui põhiideed on kindlaks määratud, siis peaks õppematerjali nende arendamiseks ühesuguse hoolikusega välja valima kõigist õppeainetest [4]. Loodusainete omavahelisel integreerimisel ei tohiks liialt süveneda looduse ühe või teise külje tundmaõppimisse, nägemata seejuures üldpilti. Samas pole hea ka teine äärmus: kui püütakse luua vaid üldpilt ilma detailidesse tungimata [9].

Õppeainete integreerimisega ei tohiks aga liiale minna. Põhikooli tasemel ühtse integreeritud loodusteaduse (science) õpetamine on siiski äärmuslik vorm. Selline kompaktne aine ei võimalda piisavalt spetsiifiliselt käsitleda igale loodusteaduslikule õppeainele omaseid probleeme. Ühise loodusteaduse raames ei ole võimalik omandada erinevate õppeainete terminoloogiat ega märksüsteeme. Keemias aga on eriti oluline omandada sümboltasandil nn „keemia keel“. On palju näiteid mitmete riikide õpikutest, kus tegelikult iga tund „hüpatakse“ järgmise teema juurde ilma eelmist kinnistamata. Liiatigi on hakatud viimastel aastatel nendes maades mõtlema uuesti ühtse loodusteaduse ainetunni jagamisele erinevateks õppeaineteks.

3. VÄÄRARUSAAMAD KEEMIAS

3.1. Väärarusaama mõiste

Arusaam ehk kontseptsioon on meie enda maailmavaate mingi kindla osa mõistmine. Kontseptsiooni tuleb käsitleda nii tähendusena ehk mõiste olemusena kui ka asjade/nähtuste toimimisviisi struktuurina. Näiteks, aatomi olemusest arusaamiseks peame teadma nii mõistet kui ka aatomi käitumisviisi. See, kui hästi inimene kujutab ette või saab aru mingist mõistest/mõttest, sõltub nii tähendusest, mida omistatakse infole, kui ka sellest, kuidas organiseeritakse oma teadmisi mingist kindlast sfäärist [24].

Pedagoogikaalased uurimistööd on näidanud, et õpilastel on sageli eelarusaamad õpetatavatest mõistetest, mis võivad olla täiesti väärad, nn väärarusaamad [25]. Tihti peetakse väärarusaamaks niisugust arusaama, mis oluliselt erineb tänapäeva teaduses kujunenud seisukohtadest [26]. Ka on käsitletud väärarusaama kui mitteteaduslikku ettekujutust, mille alusel indiviid seletab nähtusi [27]

Väärarusaamana ei käsitleta mitte kõiki valesid vastuseid. On erinevaid arvamusi, mida lugeda väärarusaamaks. Ühe võimalusena nimetatakse väärarusaamaks vale vastust, mille esinemissagedus ületab õige vastuse esinemissagedust. Ka käsitletakse väärarusaamana vale vastust, mille esinemissagedus ületab valede vastuste seas juhusliku vastamise tõenäolist esinemissagedust [27]. Kriteeriumina kasutatakse juhusliku valiku tõenäosust, mis on huupi vastates võrdne $(100/n)\%$, kus n on vastusevariantide arv (sisaldab ka õiget vastust). Kui mingi vastuse esinemissagedus on suurem kui selliselt leitud protsent ja kui see vastus on vale, võib olla tegemist väärarusaamaga. Väärarusaamadeks loetakse sel juhul kõik vastusevariandid, mille esinemissagedus oli suurem kui $(100/n + 5)\%$ [28]. Levinud väärarusaamaks loetakse ka vastusevarianti, mis moodustab valedest vastustest üle poole ja on igas vanuserühmas enim valitud vale vastusevariant [29]. Püsivate väärarusaamadena on käsitletud vastuseid, mis moodustavad üle 15% vastusevariantidest igas klassis [30].

Õpilaste väärarusaamad on levinud probleem nii õpilastele endile loodusainete õppimisel kui ka õpetajatele nende õpetamisel [24]. Vastupidiselt üldlevinud arvamusele, et õpilased on mingi teema õppimise alguses nn tühjad lehed, on neil siiski olemas juba varasematest teadmistest, hoiakutest, väärtushinnangutest ja tõlgendustest mingisugused eelarusaamad õpetatavast [31]. Väikestel lastel on omad seletused loodusnähtustele ja uskumused nendest ning kui loodusteaduste õpetamine koolis algab, on õpilastel juba kujunenud kogum arusaamu, mille alusel seletada mitmesuguseid nähtusi [24].

Väga paljudel juhtudel tulenebki õpilastel õpetatava mittemõistmine just väärarusaamadest [29]. Väärarusaamad tulevad eriti selgelt esile abstraktsemates teadustes, nagu nt füüsika ja keemia [24]. Kuna õppimine on protsess, mille käigus õpilane omandab uusi ideid ja teadmisi ning asendab vanad arusaamad uutega, siis tuleb õpetajal juhtida piisavalt palju tähelepanu väärarusaamadele ning õpetamisel asendada need teaduslikult õigete arusaamadega [29]. Selline tegevus võib osutada keeruliseks aga ka juba väga staažikale õpetajale [24]. Seetõttu on väga oluline, et õpetaja oleks kursis väärarusaamadega; nende olemusega, liikidega, tekkepõhjustega ja eemaldamisvõimalustega. Väärarusaamade kindlakstegemine on esimene tähtis samm neist vabanemise protsessis [24], kuid enne seda peab olema ka ettekujutus sellest, mida käsitletakse väärarusaamana.

3.2. Väärarusaamade liigid

Looduses toimivate protsesside teaduslikku mõistmist segavad mitmed erinevate tekkepõhjustega väärarusaamad [31]. Väärarusaamade liikide eristamine aitab õpetajal kindlaks teha, mis valmistab õpilastele enam raskusi ning samas on see ka väga oluline samm väärarusaamistest tulenevatest probleemidest ülesaamisel [24]. Väärarusaamad liigitatakse järgmiselt [32]:

Eelarvamuslikud mõisted (*preconceived notions*) (kasutatatakse ka eelarusaamad, ettemoodustatud mõisted) – on igapäevaelul põhinevad levinud arusaamad. Näiteks usub suur osa inimestest, et maa all voolav vesi peab liikuma

sarnaselt jõgedega, sest maapinnal nähtud vesi voolab just niimoodi. Eelarvamuslikud mõisted on levinud näiteks õpilaste arusaamades soojuse, energia ja gravitatsiooni jm kohta [32].

Mitteteaduslikud uskumused (*nonscientific beliefs*) – on õpilaste omandatud arusaamad teistest, mitteteaduslikest allikatest, näiteks religioonist või mütoloožiast. Näiteks on osa õpilastest kuulnud religioosse õppe kaudu lühendatud versiooni Maa ja selle eluvormide ajaloo kohta. Erinevus osutatud laialdaselt levinud uskumuse ja teadusliku tõendusmaterjali vahel on viinud märkimisväärse vastuoluni loodusteaduste õpetamises [32]. Uurimused on näidanud, et sellised väärarusaamad on levinud just religioossetes riikides [29].

Mõistelised väärarusaamad (*conceptual misunderstandings*) (kasutatakse ka mõttelised väärarusaamad, kontseptuaalsed väärarusaamad) – on õpilaste endi poolt loodud puudulikud mudelid. Mõistelised väärarusaamad tekivad siis, kui õpilastele õpetatakse loodusteadusi viisil, mis ei suuna neid seisma vastu nende endi eelarvamuslikest mõistetest ja mitteteaduslikest uskumustest tulenevatele paradoksides ja konfliktides. Segadusega toimetulemiseks loovadki õpilased puudulikke mudeleid, mis on nii nõrgad, et ka õpilased ise ei ole loodud mõistetes kindlad [32]. Ka ümbritsevat maailma ise avastades, püüavad lapsed uute nähtuste kirjeldamiseks kasutada nende endi termineid ning seletusi [24].

Keelelised väärarusaamad (*vernacular misconceptions*) – on igapäevaelus ühe ja teaduslikus kontekstis teise tähendusega kasutatavad sõnad. Näiteks pani geoloogiaprofessor tähele, et tema õpilastel oli raske mõista, et liustikud taganevad, kuna õppurid kujutasid ette, et liustikud peatuvad, pööravad ümber ja hakkavad vastupidises suunas liikuma. Asendades sõna “taganema” sõnaga “sulama” on kergem soodustada õiget faktide tõlgendamist – et liustiku esimene ots sulab kiiremini kui jää liigub [32]. Paljud keelelised väärarusaamad tulenevad ka keeles ning inimeste mõtlemises esinevatest metafooridest [26].

Faktilised väärarusaamad (*factual misconceptions*) – on sageli varajases lapsepõlves omandatud vale informatsioon, mida pole enne täiskasvanuikka jõudmist parandatud. Näiteks lapsepõlves kuulnud seisukoht “äike ei löö kunagi kaks korda samasse kohta” ei ole teaduslikult kuidagi põhjendatud, ent see arvamus on juurdunud inimese tõekspidamistes [32]. Tihti arvatakse ka ekslikult, et kuufaasid tekivad Maa põhjustatud varjust, nagu see juhtub kuuvarjutuse ajal [24]. Tuntud näide on ka õpilaste arusaamine Maa ja Päikese vahelisest suhtest. Lastele õpetatakse algkoolis, et “päike tõuseb ja loojub”, mis annab alust ettekujutusele, justkui liiguks Päike ümber Maa. Hiljem räägivad õpetajad õpilastele, et Maa pöörleb, ent selle uue informatsiooniga saavad õpilased endale raske ülesande kustutada oma peast neile loogilisena tunduv ja nende endi kogemustel põhinev ettekujutus ning asendada see teistsuguse arusaamaga, mis pole nii kergesti intuiitiivselt vastuvõetav. See ei ole kerge ülesanne, kuna õpilased peavad harutama lahti terve vaimse raamistiku, mis koosneb teadmistest, mida nad siiani kasutasid maailma mõistmiseks [32].

3.3. Väärarusaamade tekkest

Väärarusaamad on oluliseks teguriks, mis mõjutavad õppimist [33]. Uurimistööd, mis käsitlevad õpilaste eelnevaid väärarusaamu looduses toimuvatest protsessidest, on näidanud, et uut arusaama, mõistet ei saa õppida, kui õppija arusaamades juba esinevad neid protsesse seletavad omad alternatiivsed mudelid [24]. Varajased väärarusaamad segavad õpilastel loodusteaduste õppimist seni kuni väärarusaam on esile toodud ja temast üle saadud [31]. Kuid mitte alati pole kujunenud arusaamad väärad, vaid tihti on õpilase eelteadmised õiged või osaliselt õiged ja seda saab kasutada edasise õppimise alusena. Seetõttu on oluline, et õpetaja oleks teadlik võimalikest väärarusaamadest, sest siis oskab ta sellele õpetamise käigus tähelepanu juhtida ning aidata õpilastel vabaneda väärarusaamadest [29].

Konkreetsed väärarusaama allikat ei ole enamasti kerge kindlaks teha [27]. Tihti on väärarusaamad tekkinud juba enne lapse kooliminekut. Need võivad olla kujunenud nii vanemate seletustest, lapse enda vaatlustest ja väikesest elukogemusest, aga ka igapäeva

kõnest [29], sõpruskonnast, kultuurikeskkonnast – kõigest, mis võib mõjutada lapse tõekspidamisi. Väärarusaamade tekkes on oma osa ka õpilase individuaalsetel iseärasustel – tema vaimsetel võimel, temperamenditüübil ja kognitiivsel stiilil [33].

Väärarusaamu võib põhjustada väär keelekasutus. Keemias kasutatakse sageli vees suhkru lahustumise kirjeldamiseks rahvapärast terminit suhkru sulamine [2].

Väärarusaamad võivad olla põhjustatud programmilistest või metodoloogilistest vajakajäämistest, kui õpilastel pole piisaval hulgal uusi vajalikke kogemusi uute mõistete seostamiseks [31].

Mitmed autorid on leidnud, et paljud väärarusaamad tulenevad keemiamõistete ja –teooriate ajaloolise arengu mittemõistmisest, lähtudes varasematest, tänapäevaks edasiarendatud või kõrvalejäetud kontseptsioonidest. Näiteks Lavoisier' arusaam oksüdatsioonist kui reaktsioonist, kus element kombineerub hapnikuga ja moodustab oksiidi ja reduktsioonist kui reaktsioonist, kus hapnik eemaldatakse. Tihti on see ka kooliõpetuses esimene selgitus oksüdatsioonireaktsioonile [33]. Sageli aga ei jõutagi tänapäevasele redoksreaktsioonide mõistmiseni – elektronide liitmise-loovutamiseni protsessis.

Väärarusaamad võivad tekkida õpilasel ka sel juhul, kui lähenetakse õpitavale liialt matemaatiliselt. Tihti võib olla õpilase väärarusaama põhjuseks matemaatiliste oskuste puudumine või raskused saadud tulemuste tõlgendamisel [29]. Tihti on õpilaste väärarusaamad peidetud oskamatusena kasutada probleemi lahendamiseks võrrandeid [24]. Paljud õpilased läbivad kontrolltöö, tundes lihtsalt ära ülesandes esitatud tuntud või tundmatud muutujad ning asetades need õigesse valemisse saades tulemuseks õige vastuse [31].

Väärarusaamad võivad tekkida ka siis, kui õpitava seostamiseks, struktureerimiseks ja mõtestamiseks ei ole piisavalt aega. Paljudel juhtudel võibki just väärarusaamadest tuleneda see, et õpilased ei suuda üht või teist teemat omandada [26].

Ka liigne üldistamine ja ülekanne (teatud mudeli või teadmise rakendamine uutes situatsioonides) pakuvad väärarusaamade tekkeks võimalusi, juhul kui varasemat skeemi või mudelit tegelikult üldistada või üle kanda pole võimalik. Sellel juhul üritab õpilane allutada õpitud reeglile ka erandlikud näited – näiteks leiab, et elavhõbedas puudub metalliline side, kuna elavhõbe on vedel [34].

Väärarusaamad tekivad sageli siis, kui õpitav on liiga abstraktne. Lapse mõtlemine on aga tavamõisteline (konkreetne), väljakujunenud (tava)teadmised erinevad õpitavast, õppimiseks jääb liiga vähe aega. Laps küll püüab enda jaoks mõtestada uut informatsiooni, aga kui see ei ole kooskõlas vanaga, muudab ta uue info endale vastuvõetavamaks, interpreteerides seda oma kogemuse ja mõistete abil, moonutades aga selle kaudu õpitavat infot. Sageli muudavad õpilased abstraktsed, teaduslikud mõisted tavamõisteteks, näiteks lisavad abstraktsetele mõistetele konkreetseid omadused [35]. Konstruktivistlik õppimisteooria ja geštaltpsühholoogia arusaamad annavad selgituse ka väärarusaamade tekkest – õpilased töötlevad uut infot selliselt, et see sobiks juba olemasolevatesse konstruktsioonidesse [36]. Ka on leitud, et õpilased loovad tihtipeale oma teooriaid vastavalt neile kättesaadavale informatsioonile [37]. Samas on väidetud, et harva põhjustavad väärarusaamu uute mõistete seostamiseks vajaliku loogilise mõtlemise ning arutlusoskuse puudumine [38].

Mitmed Ameerika Ühendriikides läbiviidud uurimistööd on näidanud, et ka õpikud võivad olla suure hulga väärarusaamade allikateks [31]. Näiteks tuuakse õpikutes huvitavate katsete ja nähtuste kirjeldusi, jättes neile seletuse andmata. Selline avatud õpetuse idee ebaõige tõlgendamine võib soodustada õpitava teema väär mõistmist, kuna enamasti ei jäta õpilased endale probleemi avatuks, nagu autorid seda eeldavad, vaid nad annavad nähtusele ise seletuse, mis on sageli väär [39].

Urijad on leidnud, et paljude ülesannete korral, mis on koostatud õpilaste jälgimis-, analüüsimis- ja arutlemisoskuste arendamiseks põhimõttel, et õpilased ise avastaksid ja õpiksid, kusjuures õpetaja on vaid suunaja või jälgija, takerduvad õpilased

ülesande teostusse seejuures jõudmata ülesande tõelise tuumani. Õpetaja rolli loodusteaduste õpetamisel ei tohi taandada tuutori ülesanneteni, ta peab jääma aktiivseks ja aitama õpilastel jõuda ülesannete tuumani. Õpetaja ülesanne on ka aidata õpilasel saadud teadmiskillukesi tervikuks kokku siduda või mõista, kuidas antud ülesanne või teadmine teemaga sobitub. Selle tegevusega saab õpetaja vältida võimalikke probleemülesannete väärtõlgendusi, mis võivad kinnistuda väärarusaamadeks. [40].

Mõningad kirjandusallikad väidavad, et väärarusaamad võivad olla põhjustatud isegi õpetaja õpetusest [29]. Eelkõige seetõttu, et õpetaja ei ole kursis väärarusaamade tekkimisega. Kuid on ka väidetud, et õpetajal endal võivad olla puudulikud teadmised ainest.

Kaasaegse keemia didaktikaalase kirjanduse põhjal võib väita, et õpilastel esinevad väärarusaamad pea igas keemia valdkonnas [41].

On leitud, et enamik väärarusaamadest on väga püsivad. Kui väärarusaamad on juba talletunud õpilase pikaajalises mälus, on neid väga raske asendada teadlaskonna poolt aktsepteeritud ettekujutustega [2], seda isegi süvendatud keemiaõppes [33]. Näiteks selgus uuringust, et ligikaudu 10% Soome 8. klassi õpilastest ei teinud vahet lihtainetel (substances) ja aatomitel. Täpselt samasugune protsent gümnaasiumiõpilasi ja üliõpilasi tegid samaasuguse vea [42]. Sellised vanad arusaamad on õppijale nii lähedased ja kallid, sest on ju need arenenud aegade jooksul oma isiklike vaatluste tulemusel ja kindlatest intuiitivistest uskumustest. Sellistest uskumustest ei pruugi õpilane olla isegi teadlik, kuid siiski avaldavad nad temale suurt mõju [31]. Õpilaste usaldus väärarusaama vastu kasvab aja jooksul ning juurdub üha rohkem, hoolimata nende edasisest õppimisest.

Väärarusaamad mõjutavad edasist õppimist ning et need tuleks enne õpetamist kindlaks teha ning arvesse võtta [43]. Seega peaks õpetaja uute väärarusaamade tekke ära hoidmiseks suutma arvestada ja jälgida õpilase individuaalseid iseärasusi, tema arengut, sotsiaalse õppimise võimalust (jälgida eelkõige isiklikku suhtumist ja käitumist, ka alateadlikku), õpilase varasemaid kogemusi ja teadmisi, õpilase kaaslaste varasemaid

teadmisi ja kogemusi. Ta peaks tekitama õpilases huvi ja motivatsiooni ning selgitama, seostama ja suunama õpilast õigetele järeldustele. Samas tuleb pidevalt jälgida, kuidas õpilane on õpitavast aru saanud [33].

Õpilaste väärarusaamad annavad eelkõige väärtuslikku informatsiooni nende mõtlemisest ja aitavad seeläbi õpetajal parandada õppimis- ja õpetamisprotsessi [44]. Uute mõistete arusaadavaks tegemisel, on vaja teada, millele neid saab rajada. Kui näiteks keemias on õpilastel kinnistunud väärarusaam, et kovalentses sidemes paiknevad ühised elektronid alati täpselt kahe aatomi vahel keskel, siis on orgaanilise keemia loogilise struktuuri loomine võimatu [25].

Enne keemiakursuse alustamist soovitatakse teha diagnostiline küsitlus või test, et välja selgitada väärarusaamad, kuna õige lähenemise puudumisel kipuvad need olema väga püsivad [33].

3.4. Väärarusaamade kindlakstegemine

Õppeprotsessi hakul pole õpilane *tabula rasa*, vaid tal on olemas oma varasematest teadmistest, hoiakutest, väärtushinnangutest, tõlgendustest kognitiivne struktuur. Õpilaste naiivsed teooriad ja eelarusaamad võivad muutuda väärarusaamadeks ning need võivad häirida õppuritel teaduslikult aktsepteeritud mõistete arengut. Sellised arusaamad võivad püsida kestvana ja takistada edaspidi õpilastel õpitust arusaamist [31]. Tihti eelistavad õpilased väärarusaamu, kuna need näivad õppuritele rohkem vastuvõetavamad ning arukamad, teinekord isegi õppija seisukohalt palju kasulikumad [32].

Edukaks õpetamiseks on vaja teada, mil määral õpilaste teadmiste struktuur vastab üldiselt omaksvõetud ja õpetaja poolt kasutatavale mõistete struktuurile, kuidas see muutub ja areneb [39]. Õpetajad peaksid juba õpetamisele asumisel üritama ette näha kõikvõimalike eksimuste võimalusi, et neid õigel ajal ja õiges kohas ennetada. Väärarusaamadest vabanemise protsess eeldab, et kõigepealt teeb õpetaja kindlaks

õpilastel esinevad väärarusaamad, siis loob õpilastele võimalused vastanduda olemasolevate väärarusaamadega, ning lõpuks aitab õpilastel konstrueerida uued teadmised, mis tuginevad teaduslikel mudelitel. On väga oluline, et enne uute arusaamade omaksvõttu vastandaksid õpilased nende endi uskumused kaasaegsete teaduslike arusaamadega ning alles seejärel saavad nad luua uued teadmised, mis on vajalikud neile esitatud teaduslikest mudelitest arusaamiseks [32].

Õpilase eelkäsitluste väljaselgitamiseks kasutatakse põhiliselt kolme viisi: vestlus, graafilised tehnikad, mis näitavad ülevaatlikult mõistetevahelisi seoseid ja võimaldavad avada mõistestiku hierarhiat, ning kirjalikud küsitlused.

Üks küllaltki levinud väärarusaamade sammhaaval parandamise suunas toimivatest õppimis- ja õpetamismeetoditest on õpilaste vastandamine neil esinevate väärarusaamadega suulise vestluse abil [39]. Kui õpilased mõistavad omaenese kõnes vasturääkivusi, on nad astunud sammukese lähemale neist ülesaamiseks [31]. See nõuab aga õpetajatelt suuremat tähelepanu. Õpetaja peaks suunama vestlust nii, et tuleksid välja vasturääkivused õpilaste arusaamades ning nende kaudu saaks esile tuua õpilaste väärarusaamad käsitletava teema kohta. Tihti üllatavad õpilased oma suure hulga eel- ja väärarusaamadega, seetõttu tuleb hoolikalt kuulata nende vastuseid ja selgitusi. Tunnis toimivate arutelude käigus saavad õpilased avaldada oma arusaamu loodusnähtustest, samas on kaasõpilastel võimalus esiletoodud väiteid ning teooriaid kas kinnitada või ümber lükata. Selliselt läbiviidud vestlused arendavad muuhulgas ka õpilaste kriitilise mõtlemise võimeid. Ka individuaalvestlus õpetaja ja õpilase vahel ning vestlus väikestes rühmades on kasulik õpilaste väärarusaamade kindlakstegemiseks [32]. Vestluse eeliseks on asjaolu, et väärarusaamade avastamise produktiivsus on kõrge [30].

Teine võimalus õpilaste väärarusaamade kindlakstegemisel on esitada neile küsimusi, mis nõuavad kirjalikku vastust [31]. Esitatud küsimustele kirjalikke lühivastuseid andes või essee vormi kasutades ei ole õpilasel võimalik varjata oma kontseptuaalseid väärarusaamu [38]. Pärast kirjutamist võib õpilased jaotada rühmadesse, kus võrreldakse kirjapandut omavahel. Võrdluse käigus tuuakse välja ühised ja erinevad

nüansid kirjutistest ning rühmad sõnastavad neile huvipakkuvad küsimused käsitletava teema kohta [29]. Õpilaste kirjutisi võib samuti pidada üheks efektiivsemaks väärarusaamade väljaselgitamise vahendiks [39]. Kirjutiste ja küsimuste analüüsi põhjal on võimalik selgeks teha õpilaste eelarusaamad käsitlusele tuleva teema kohta ja siis neid õpetamisel ka arvestada [29].

Graafilistest tehnikatest on olnud ühed populaarsemad mõistekaardid erinevates uurimistöodes. Mõistekaart kujutab väga ilmekalt graafiliselt õpilaste ideid ja nendevahelisi seoseid mingi mõiste või nähtuse seletamiseks [31]. Õpilane kaardistab oma teadmised, ümbritsedes raamiga mõistetähised ning ühendades need omavahel nooltega, seejuures väljendavad seoseid sõnad ja sõnaühendid [29]. Mõistekaarditehnika kasutamine annab palju informatsiooni kaardi koostaja mõtlemisest ja võimalikest väärarusaamadest. Mõistekaarditehnikat saab väärarusaamade avastamiseks kasutada vaid õpilaste puhul, kes on tuttavad seesuguse graafilise tehnika kasutamisega [24].

Mõned väärarusaamad võivad ilmsiks tulla, kui õpilased skitseerivad või kirjeldavad jooniste abil mingeid objekte või nähtusi [32]. Näiteks võivad õpilastel olla väga erinevad, tihti ka kontseptuaalselt väärad ettekujutused aatomi mudelist [24].

3.5. Õpilastel esinevate väärarusaamade vähendamine

Õpilastel võib selgelt eristuda kaks erinevat vaadet loodusteadustele. Üks, formaalne, mida kasutatakse loodusteaduste õppimisel, ja teine väljaspool seda, nii-öelda igapäevaeline. Levinud on väärkujutelmad looduse ja teaduse vahekorra kohta. Näiteks arvatakse, et „...teil teaduses võib ju see nii olla, aga reaalses elus toimuvad asjad teisiti“ [45]. Kuid selline suhtumine on otse vastupidine loodusteaduste õpetamise taotlustele ja eesmärkidele. Loodusteaduste õpetamise eesmärgiks on, et kõigi looduses toimuvate protsesside selgitamiseks kasutatakse tänapäeva teaduse poolt aktsepteeritud hüpoteese, teooriaid või seadusi. Ka loodusteaduste õpetamine püüab õppijaid varustada küllaldasel hulgal informatsiooniga looduses toimuvate nähtuste või protsesside seletamiseks viisil, et see oleks rakendatav nii laboris kui ka „reaalses elus“ [24].

Väärarusaamade avastamisel on oma roll nii õpetajal kui ka õpilastel endil. Õpilaste väärad arusaamad tuleb vahetada teaduslikult aktsepteeritud mudelite vastu. Õpetajal lasub kohustus aidata õpilasel vastanduda tema väärarusaamadega, selleks et õppija olemasolevasse teadvusse saaks lisanduda teaduslikult aktsepteeritud informatsioon [46].

Mitmed erinevad õpetamistehnikad on osutunud tõhusateks vahenditeks nii õpilaste vastandamisel neil esinevate väärarusaamadega kui ka nende parandamisel. Seejuures on oluline märkida, et tegelikult on õppimise juures palju tähtsam see, mida teeb tunnis õpilane, mitte niivõrd see, mida teeb õpetaja [30]. Traditsioonilisest (loeng-demonstratsioonkatse) koolitunnist on vähe kasu väärarusaamade muutmisel, ja seda sõltumata õpetaja teadmistest, kogemustest ning õpetamisviisist. Õpetajad peaksid lisaks õpilastel esinevate väärarusaamade avastamisele olema ka kursis erinevate õpetamismeetoditega, kuidas õpilasi nende väärarusaamadega vastandada [24].

Ühe väärarusaamade muutmise vahendina kasutatakse laborikatseid, seejuures tuleb asetada rõhk katsete mehaanilise järeletegemise asemel katsete planeerimise, testimise ja katses saadud tulemuste analüüsimise oskuste arendamisele, mis on aluseks edaspidistele probleemilahendustele. Ka hoolikalt valitud demonstratsioonkatsed võivad olla kasulikuks vahendiks õpilaste vastandamisel nende väärarusaamadega [32].

Tänapäeva üheks kiiremini arenevaks vahendiks loodusteaduslike väärarusaamade parandamisel võib pidada arvutikatseid. Arvutite abil tehtud simulatsioonid ning animatsioonid võimaldavad õpilastel reaalses jälgida väga paljude nähtuste/reaktsioonide/protsesside toimumist [24]. Ka paljudes uurimistöodes on jõutud järeldusele arvutikatsete tulemuslikkusest õpilaste väärarusaamadest vabanemisel. Avaldatud uurimistööd on näidanud, et viimase põlvkonna arvutisimulatsioonid mitte ainult ei diagnoosi vaid ka parandavad õpilaste väärarusaamu füüsikast [46].

4. UURIMUSLIK OSA

4.1. Uurimistöö metoodika

Esialgne uuring korraldati eesmärgiga välja selgitada, kuidas on põhikooli õpilased omandanud teadmisi aatomi ja selle ehituse kohta (5. – 9. klass) ning kuidas nad on suutnud ühendada erinevates õppeainetes omandatud teadmised üheks tervikuks (8. – 9. klass). Pilootuuring viidi läbi Tartu Annelinna Gümnaasiumis, milles osales 25 õpilast 9. klassist. Õpilaste arusaamade väljaselgitamiseks viidi läbi küsitlus Jüri Gümnaasiumis (212 õpilast), Kanepi Gümnaasiumis (130 õpilast), Sillaotsa Põhikoolis (41 õpilast), Tartu Descartes'i Lütseumis (179 õpilast) ja Tartu Forseliuse Gümnaasiumis (252 õpilast). Kokku vastas küsimustikule 814 õpilast nendest koolidest.

5. – 7. klass (106 õpilast 5. klassist, 140 õpilast 6. klassist ja 162 õpilast 7. klassist) vastas küsimustikule loodusõpetuse tundides (408 õpilast), kusjuures 5. ja 6. klassil olid ühesugused küsimused ning 7. klassil osalt samad, osalt erinevad küsimused. 8. – 9. klassil (213 õpilast 8. klassist ja 193 õpilast 9. klassist) olid mõned juba eelnevates klassideski küsitud, kuid lisaks ka mitmed teised küsimused. Osa 8. ja 9. klasse vastas küsitlusele keemia tunnis (213 õpilast) ja osa füüsika tunnis. (193 õpilast). Paralleelklasside tase koolisiselt oli enamvähem sama. Sellise küsitlusviisi eesmärgiks oli uurida, kas õpilased vastavad erinevate õppeainete tundides samale küsimusele erinevalt või mitte ning kuidas on õpilased suutnud õppeaineid sisemiselt lõimida.

Küsimustikud olid suhteliselt lühikesed, kuid ka juba nendest tuli väga hästi välja, mida õpilased on teemast omandanud ja mida mitte. Kõik küsimused olid vabavastuselised. Küsimustele vastamiseks kulus umbes 10 – 15 minutit. Vastati anonüümselt.

Õpilaste vastuste põhjal esimesele küsimustikule arutati MS EXCELI tabeltöötlusprogrammi abil välja igale küsimusele õigesti vastanud õpilaste protsent:

$$X_{\delta} = \frac{n_{\delta}}{n} \cdot 100\%$$

kus X_{δ} – õigesti vastanud õpilaste protsent,

n_{δ} – õigesti vastanud õpilaste arv,

n – osalejate arv.

Kuna uuringu tulemusena selgus, et õpilaste teadmised aatomi ehitusest on kahjuks üpris nõrgad, siis otsustati korraldada täiendav uuring, mille eesmärgiks oli välja selgitada õpilastel esinevad põhilised väärarusaamad keemias, eelkõige mõistete/teemade osas, mis on rohkem seotud füüsikaga. Uuriti põhikooliõpilaste väärarusaamu, mis on seotud aatomiehituse, molekuli, kovalentse sideme, metallilise sideme, metallide elektrijuhtivuse ja redoksreaktsioonidega. Gümnaasiumiõpilastelt uuriti lisaks ka väärarusaamu seoses elektrolüüsi ja elektrolüütidega.

Nii põhikooli- kui ka gümnaasiumiõpilaste väärarusaamade selgitamiseks koostati test. Testi koostamisel võeti aluseks Põhikooli ja gümnaasiumi riikliku õppekavaga määratud õppe-eesmärke, õppesisu ja ka eeldatavaid õpitulemusi. Põhikooliõpilaste test koosnes 13 küsimusest ning gümnaasiumiõpilaste test 16 küsimusest. Gümnaasiumiosa test koosnes samadest küsimustest, millest põhikooli testki, kuid lisatud oli kolm küsimust. Mõlema testi kõik küsimused peale viimase olid valikvastustega. Ette oli antud 4 erinevat vastusevarianti, mille hulgast tuli õpilastel valida üks õige vastus. Küsimustiku koostamisel pakuti valede vastusevariantidena selliseid, mis võiksid olla õpilaste tüüpilised väärarusaamad. Mitmed väärarusaamadele vastavate vastusevariantide ideed saadi esimesest uuringust ning paljud ka kirjandusest. Mõlema testi viimases küsimuses oli tegemist kõrvutustesti ülesannetega. Ülesandes tuli leida viie joonise hulgast kõige sobivamad kolme mõiste kirjeldamiseks. Mõnele küsimusele vastamisel pidid õpilased oma teadmisi rakendada, tuues sobivaid näiteid või valides etteantud näidete hulgast sobiva.

Testidele vastamist korraldasid õpilaste endi keemiaõpetajad keemiatundides. Testid olid anonüümsed ning testide vastamisele kulus 10 – 15 minutit. Uurimistöös

osales 583 8. – 11. klasside õpilast; vastavalt 8. klassidest 108, 9. klassidest 219, 10. klassidest 140 ja 11. klassidest 116. Uuring viidi läbi kaheksas erinevas koolis: Puurmani Gümnaasiumis (38 õpilast), Põlva Ühisgümnaasiumis (188 õpilast), Tartu Katoliku Koolis (20 õpilast), Tartu Kivilinna Gümnaasiumis (183 õpilast), Tartu Kunstigümnaasiumis (38 õpilast), Valga Põhikoolis (19 õpilast), Varstu Keskkoolis (67 õpilast) ja Värskas Gümnaasiumis (30 õpilast). Küsimustikku täitvad õpilased ei õppinud reaalsuunaga klassides. Enne küsimustiku täitmist ei viidud läbi spetsiaalseid kordamistunde.

Õpilaste teise küsimustiku vastuste põhjal arvutati MS EXCELI tabelitöötlusprogrammi abil välja igale küsimusele õigesti vastanud õpilaste protsent ning enampakutud valesti vastanud õpilaste protsent kõigist valesti vastanutest:

$$X_{\delta} = \frac{n_{\delta}}{n} \cdot 100\%$$

kus X_{δ} – õigesti vastanud õpilaste protsent,

n_{δ} – õigesti vastanud õpilaste arv,

n – osalejate arv.

$$X_A = \frac{n_A}{n_v} \cdot 100\%$$

kus X_A – ühte vale varianti (nt varianti A) pakkunud õpilaste protsent kõigist valesti vastanutest,

n_A – ühte vale varianti (nt varianti A) pakkunud õpilaste arv kõigist valesti vastanutest,

n_v – valesti vastanud õpilaste arv.

Koostati küsimustik ka õpetajatele, millega uuriti nii õpetajate arvamusi keemiaõppe lõimimisvõimalustest füüsikaõppega kui ka õpetajate endi tähelepanekuid õpilaste väärarusaamade kohta. Õpetajate küsimustikule vastas 18 keemia jt loodusteaduslike ainete õpetajat samadest koolidest, kus viidi läbi ka õpilaste uuringud.

4.2. Esimese uuringu tulemused ja arutelu

Küsimustikuga taheti uurida eelkõige keemia ja füüsika lõimumist ning sellest tulenevalt püüti küsimused koostada nii, et neis sisalduks mõlemas aines käsitlemist leidvaid mõisteid. Küsimused koostati peamiselt õppematerjalide põhjal. Oli ka küsimusi, millele vastamiseks pidi õpilane loogiliselt mõtlema, s.t ei piisanud õpitu reprodutseerimisest. Selline küsimus oli näiteks 5. – 6. klassi küsimustikus veetilga jagamise küsimus. Küsimustikega püüti teada saada, millised teadmised on õpilased omandanud õppetöö käigus. Osa küsimusi olid vanematel klassidel samasugused kui noorematel. Selle eesmärgiks oli välja selgitada, kuivõrd erinevad teadmised erineva vanuseastme õpilastel.

Järgnevalt vaatleme lähemalt küsitluses esitatud küsimusi. Iga küsimuse juures on toodud tulpdiaграмmid erinevate õpilasgruppide õigete vastuste protsentidega. Õpilaste küsimustikud on toodud Lisades 1. – 3.

Küsimus: Joonista aatomi mudel. Selgita, mida sa joonisel kujutasid.

Aatomi mudelit pidid joonistama kõik vastanud. Küsimusega uuriti õpilaste ettekujutust aatomist. Õigeks võis lugeda mitmeid vastuseid. Joonisel kujutatut pidid selgitama 7. – 9. klassi õpilased. Selle küsimusega uuriti, kui hästi oskavad õpilased kirjeldada aatomit ja selgitada oma ettekujutust aatomist.

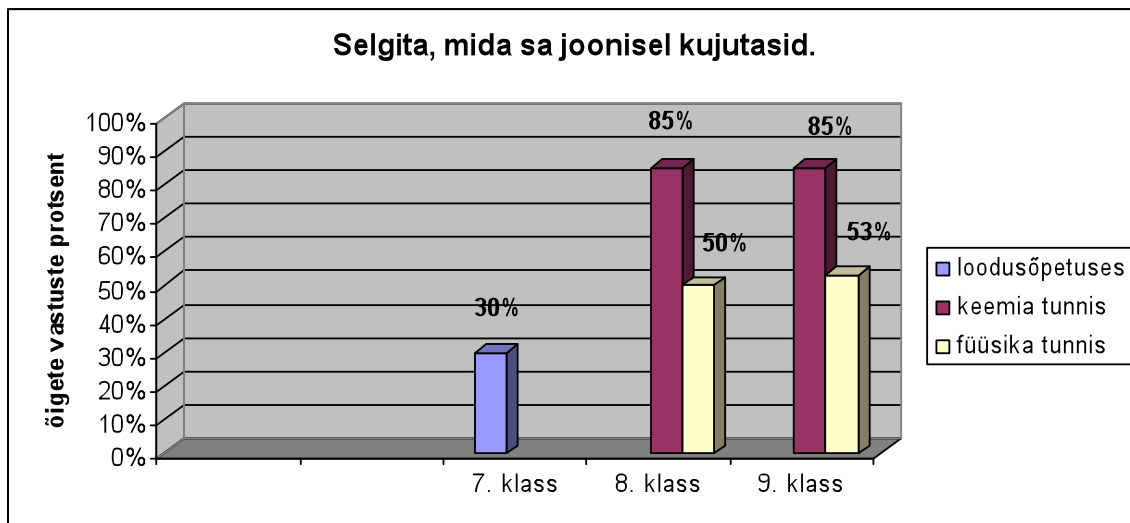
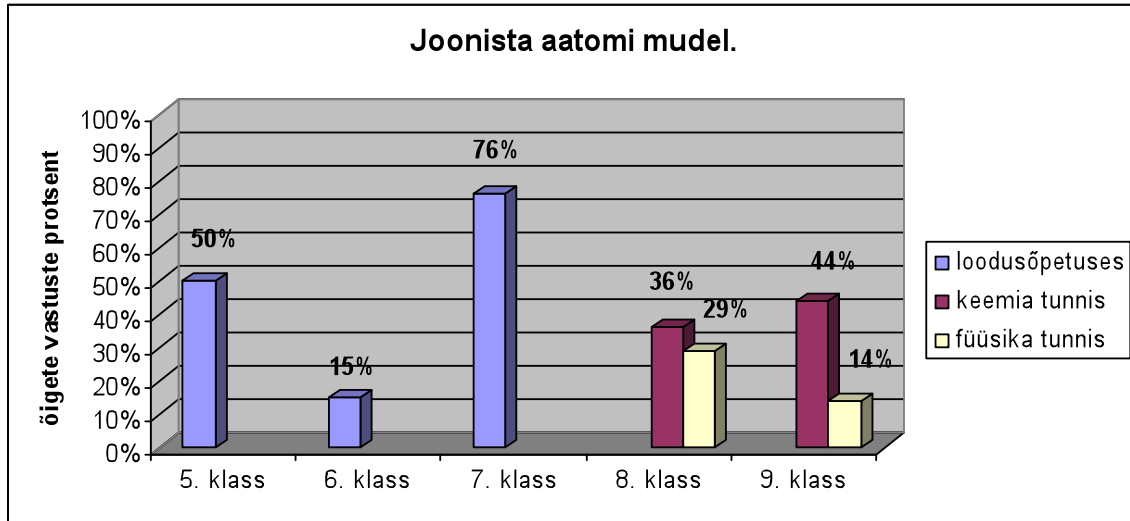
Õige vastus: Joonistatud kera (5. ja 6. klassis ei saagi rohkem nõuda). Joonistatud kas tasapinnaline või ruumiline planetaarne mudel, kus on eraldi kujutatud nii tuumaosakesed (prootonid, neutronid) kui ka elektronid, või lihtsama variandi puhul joonistatud mudel vaid tuuma ja elektronidega selle ümber.

Levinumad vastusevariandid:

5. – 6. klassis: joonistatud kera; joonistatud mitu omavahel ühendatud kera

7. klassis: joonistatud kas tasapinnaline või ruumiline planetaarne mudel, kus on näidatud ka tuumaosakesed ja elektronid; joonistatud mudel tuuma ja elektronidega; joonistatud mudel, kuid pole joonisel olevat selgitatud

8. – 9. klassis: joonistatud kas ruumiline või tasapinnaline planetaarne mudel, kus on eraldi välja joonistatud tuumaosakesed; joonistatud mudel tuuma ja elektronidega; joonistatud mudel, kus elektronid pole õigesti paigutatud või kus on vale elektronide hulk; selgituses olid nimetatud nii prootonid, neutronid, kui ka elektronid; kirjeldatud tuuma ja elektrone selle ümber



Õigesti vastas, s.t kera joonistas 50% 5. klassi ning ainult 15% 6. klassi õpilastest. Täpsemat aatomimudelit ei saagi nende klasside õpilastelt oodata. Osa õpilasi oli aatomi asemel joonistanud mitu ühendatud kera, mis õpikutes tähistab molekuli (11% 5. klassis ja 20% 6. klassis). Seega ei eristata aatomeid ja molekule. Põhjuseks, miks 6. klassis on õigesti vastanute protsent väga palju väiksem kui eelnevas klassis, võib olla see, et 6.

klassis ei käsitleta aatomi teemat üldse ning õpilastel on eelnevalt omandatud teadmised juba meelest läinud.

7. klassi õpilastest 6% tegi kõige keerulisema joonise, kus tuumaosakesed olid eraldi välja toodud. 70% vastanutest joonistas elektronkihid välja, kuid ei märkinud eraldi tuumaosakesi. Vaid 1% õpilastest joonistas aatomina kera. Seega on 7. klassis tunduvalt paranenud visuaalne ettekujutus aatomimudelist. Kui 7. klassi õpilastest oskas aatomimudelit joonistada üsna suur hulk õpilastest, siis selgitamisega jäädi hätta. Kõige keerulisema joonise, kus tuumaosakesed olid eraldi välja toodud ning õigesti lahti selgitatud, tegi 6% kõigist 7. klassi vastanuist. 24% vastanutest joonistas elektronkihid välja ning selgitas joonist, kuid ei märkinud eraldi tuumaosakesi. 69% 7. klassi õpilastest aga kas ei osanud joonist selgitada või ei vaevunud isegi joonist tegema. Tulemused näitavad, et 7. klassi õpilastel on küll üsna hea visuaalne ettekujutus aatomimudelist, ent sisulist arusaama sellest pole. Tõenäoliselt on seega 7. klassi õpilaste jaoks teema liiga abstraktne.

Põhikooli lõpus, kui hakatakse füüsikat ja keemiat eraldi õppima, tekib aga teadmistes langus. Keemiatunnis joonistatud vastustest sai 8. klassis õigeks lugeda 36% ja 9. klassis keemias 44%. Füüsikas vastati samale küsimusele palju halvemini, õigeid vastuseid oli vastavalt 29% ja 14%. Väga levinud veaks oli laengute valesti märkimine (vastavalt 47% ja 49% keemias ning 18% ja 54% füüsikas). Vastamata jättis küsimusele 17% 8. klassi ja 7% 9. klassi keemiatundides küsitletutest ning füüsikatundides koguni 53% ja 32% (vastavalt 8. ja 9. klassis). Kui 7. klassi õpilased ei osanud selgitada joonisel kujutatut, siis vastupidine tulemus (joonistatud küll üpris halvasti, ent selgitatud hästi) leidis tõendust aga põhikooli lõpuosas, kus 85%-l õpilastest nii 8. kui ka 9. klassi keemiatunnis sai joonist selgitava vastuse lugeda õigeks. Ka joonise selgitamine tuli õpilastel märgatavalt paremini välja keemias kui füüsikas. 8. klassi füüsika tunnis vastati õigesti 50%-l juhtudest ja 9. klassi füüsika tunnis 53%-l juhtudel. Tulemus näitab, et põhikooli lõpupoole abstraktne mõtlemisvõime areneb ning õpilased on juba suutelised selliseid mõisteid omandama. Millegipärast aga taandub abstraktse mõtlemise võime arenedes visualiseerimisoskus.

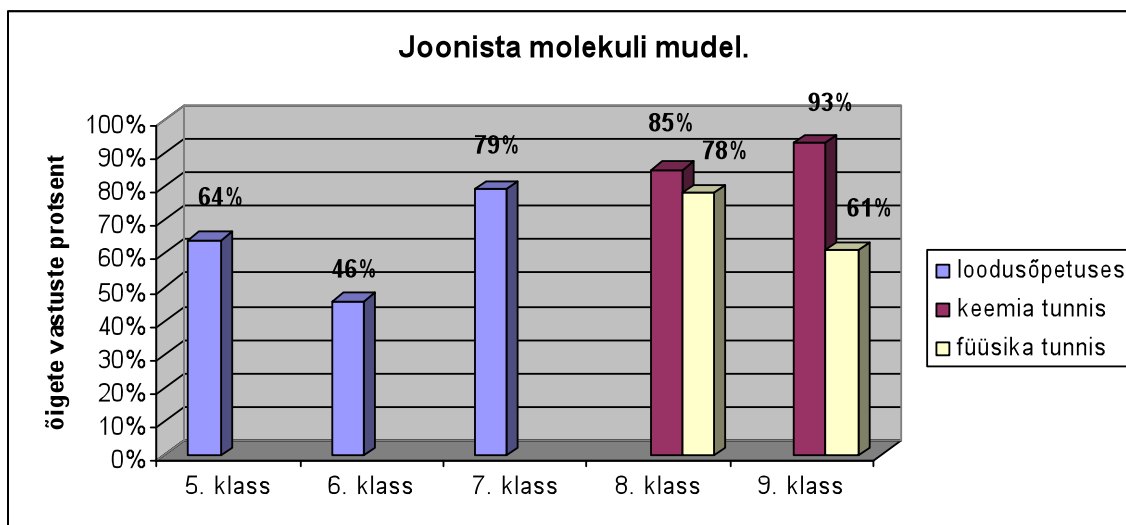
Küsimus: Joonista molekuli mudel.

Küsimusele pidid vastama kõik küsitlud. Küsimusega uuriti, milline on õpilaste ettekujutus molekulist ning molekuli seosest aatomitega.

Õige vastus: Joonistada tuli molekuli mudel (nt mitu kera omavahel seotud). Keemias käsitletakse molekuli enamasti aatomitest koosneva osakesena, füüsikas vaadeldakse teda rohkem kui tervikosakest, mille struktuurile eriti tähelepanu ei pöörata. Kuigi kerana käsitletakse küll aatomit, ei saa seda ka molekuli korral otseselt valeks vastuseks lugeda, kuna see võib kujutada ka lihtsustatud molekuli mudelit.

Levinumad vastusevariandid:

5. – 6. klassis, 7. klassis, 8. – 9. klassis: joonistatud kera; joonistatud mitu omavahel ühendatud kera



5. klassis kujutas molekuli mitme omavahel ühendatud kerana 48% ning 6. klassis 39% õpilastest. Lihtsustatud molekulimudeli (ühe kera) joonistasid vastavalt 16% ja 7% küsitluteist. Tähelepanu vääriv on fakt, et vastamata jättis 36% 5. klassi ja 54% 6. klassi õppuritest. Üldiselt joonistati aatomit kerana ja molekuli ühendatud keradena umbes sama suure õpilaste arvu poolt, ent kuna molekulina loeti õigeks ka kera vastusevariant, siis sellest tulenevalt on molekuli õigesti joonistajaid protsentuaalselt rohkem.

68% 7. klassis vastanutest joonistas mitu omavahel ühendatud kera ning 11% joonistas ühe kera kui lihtsustatud kujutise molekuli mudelist. Vastamata jättis

küsimusele 21% küsitletutest. Võrreldes nooremate klassidega tulid selgelt välja nii õigete vastuste tõus kui lihtsustatud vastuste ning vastamata jätmise vähenemine.

Molekulina joonistas mitu omavahel ühendatud kera 85% 8. klassi ja 93% 9. klassi keemiatunnis küsitletutest ning 74% 8. klassi ja 51% 9. klassi füüsikatunnis küsitletutest. Ühte kera kui lihtsustatud molekuli mudelit kujutasid füüsikatunnis vastavalt 4% ja 10%. Keemias aga sellist vastusevarianti nendes klassides ei esinenud. Selle küsimusega tuli selgelt esile õpilaste arusaam, et keemias ja füüsikas on kasutusel erinevad molekulimudelid. On positiivne, et õigete vastuste hulk vanuse kasvades siiski suureneb. Madalam tulemus 9. klassi füüsikatundides võib tuleneda sellest, et 9. klassi füüsikas õpitakse aatomiehitust, kuid ei pöörata nii suurt tähelepanu molekulidele ning võib-olla õpilased samastavad seetõttu aatomi molekuliga.

Küsimus: Millest koosneb molekul?

Küsimus oli kõikide klasside küsimustikus. Küsiti põhimõistete vahelist seost, ilma milleta ei ole võimalik ka paljusid teisi seoseid mõista.

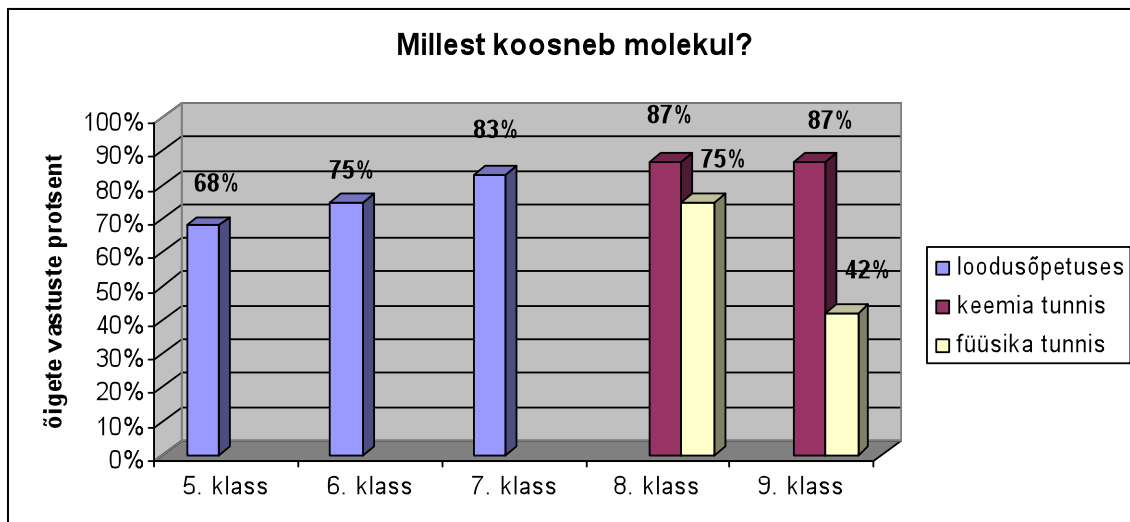
Õige vastus: Molekul koosneb aatomitest.

Levinumad vastusevariandid:

5. – 6. klassis: aatomitest; erinevatest ainetest, molekulidest

7. klassis: aatomitest; prootonitest, neutronitest, elektronidest

8. – 9. klassis: aatomitest; prootonitest, neutronitest, elektronidest; elementidest



Seda, et molekul koosneb aatomitest, teati üsna hästi. Õigesti vastas 68% 5. klassi õpilastest ja 75% 6. klassi õpilastest. Vastamata jätsid või täiesti valesti (molekul koosneb erinevatest ainetest, molekulidest) pakkusid vastavalt 32% ja 25%. Võrreldes küsimustega, kus pidi ise joonistama, oli see küsimus paremini vastatud. Kuna õpilased teavad, et on olemas aineosakesed aatom ja molekul, siis võib-olla oli õigesti vastanute protsent suurem seetõttu, et kuna küsiti millest üks (molekul) koosneb, siis vastatigi, et koosneb teistest aineosakestest (aatomitest). Kui aga oleks tulnud võrrelda, kumb on suurem, siis ilmselt oleks õigeid vastuseid tulnud vähem. Aatomi ja molekuli segaminiajamist kinnitavad ka joonistamise ülesannete tulemused.

Enamik (83%) 7. klassi õpilastest teadis, et molekul koosneb aatomitest. Prootoneid, elektrone ja neutroneid pakkus molekuli koostisosadeks 8% õpilastest, mis iseenesest ei ole vale, vaid käsitleb molekuli struktuuri elementaarosakeste tasemel. Vastamata jättis 9% õpilastest. Nagu ka eelmiste küsimuste puhul, on näha, et 7. klassi õpilaste hulgas on õigesti vastajaid rohkem kui nooremates klassides.

Nii 8. kui ka 9. klassi keemiatunnis vastas sellele küsimusele õigesti 87% õpilastest. 8. klassi füüsikatunnis vastas õigesti 75% ning 9. klassi füüsikatunnis 42% õppuritest. Pooleldi õigesti (prootonitest, neutronitest, elektronidest) vastas keemias 4% ja 2% õpilastest ning füüsikas 5% ja 7%. Täiesti vale vastuse andsid või jätsid üldse vastamata 9% ja 11% keemias ning 20% ja 51% füüsikas. Selle küsimusega on eriti selgelt näha, et 9. klassi füüsikatunnis vastanutel ilmneb arusaam, et molekul koosneb aatomitest, palju nõrgemalt kui 8. klassi füüsikatunnis vastanutel. Kas on 8. klassi keemias õpitu selleks ajaks unustatud või ei oska õpilased seda seostada keemiaga. Ka on 7. klassi loodusõpetuses vastanute tulemused üsna võrdsed keemiatundides vastanutega, seega suurt edasiminekut sellest osas põhikooli lõpus ei toimu.

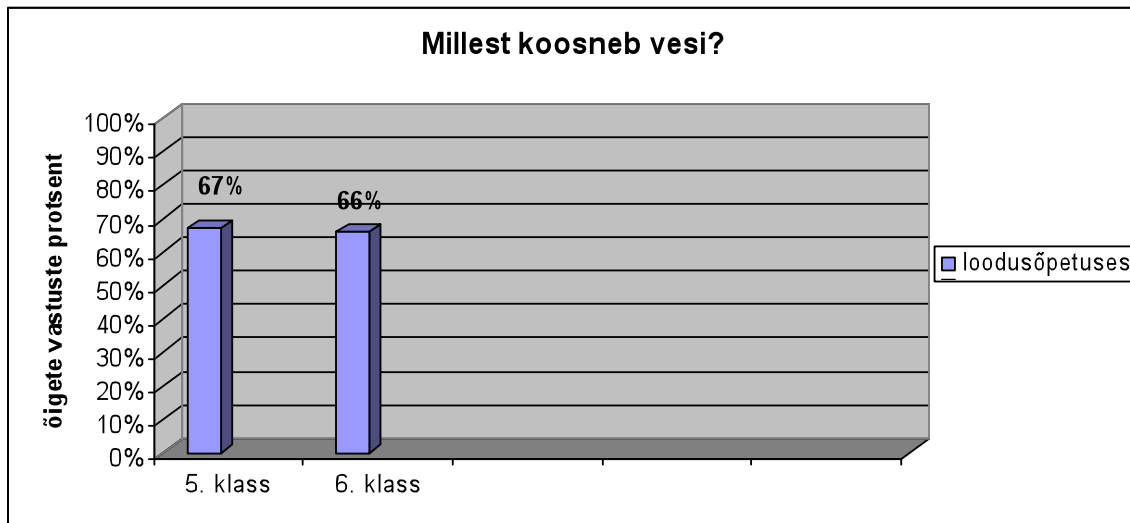
Küsimus: Millest koosneb vesi?

Küsimus oli 5. – 6. klassi küsimustikus. Selle küsimusega uuriti õpilaste üldist ettekujutust ainete koostisest – kõige tuntuma liitaine (vee) näitel.

Õige vastus: Sellele küsimusele võisid õpilased vastata üldise ettekujutuse alusel ainete struktuurist (vesi koosneb vee molekulidest) või konkreetse aine keemilise koostise (valemi) alusel (vesi koosneb hapnikust ja vesinikust).

Levinumad vastusevariandid:

5. – 6. klassis: vee molekulidest; hapnikust ja vesinikust; aatomitest; mineraalidest, gaasidest, ainetest, aurust, veepiiskadest; vastamata



Küsimus oli suhteliselt hästi vastatud. Kõige rohkem pakuti vastuseks, et vee molekulidest (5. klassis – 57%; 6. klassis – 43%). Samuti õiget vastust, et vesi koosneb hapnikust ja vesinikust, pakkus 10% 5. klassi ja 23% 6. klassi õpilastest. 5% 5. klassi õpilastest ja 3% 6. klassi õpilastest vastas üldisemalt, et vesi koosneb aatomitest. Täiesti valesti või vastamata jättis 28% õpilastest 5. klassis ja 31% 6. klassis.

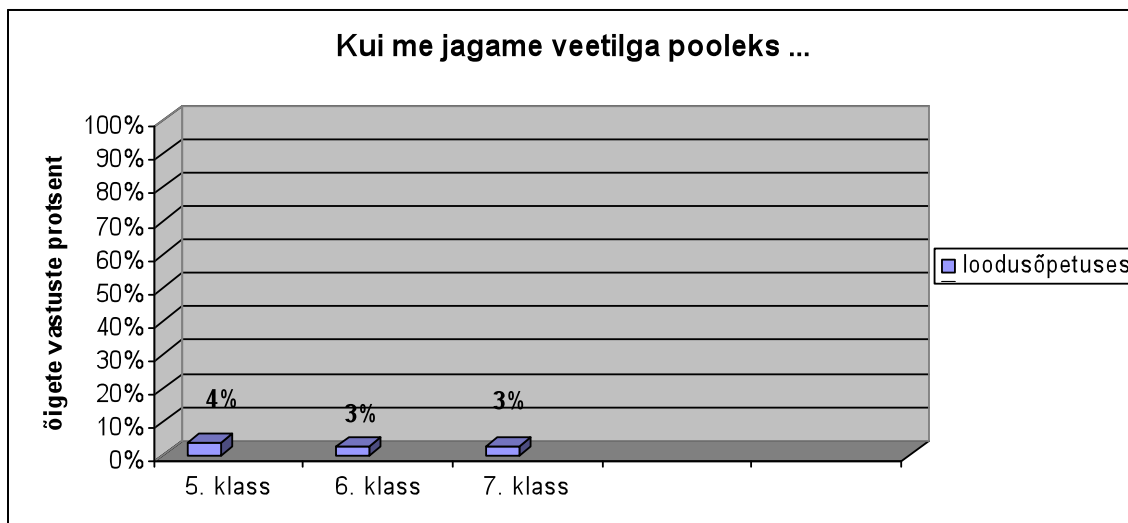
Küsimus: Kui me jagame veetilga pooleks, saame 2 tilka. Neid omakorda pooleks jagades saame 4 tilka. Jne. Kas nii võib tilka jagada lõputult?

Sellele küsimusele pidid vastama 5. – 7. klassi õpilased. Otseselt õpikutes sellele küsimusele vastust pole. Õpilased pidid teadma, mida tähendab aine väikseim osake. Küsimusega uuriti, kuivõrd õpilased oskavad õpitud mõistet (molekul) seostada hästi tuntud ainete struktuuriga.

Õige vastus: Veetilka ei saa jagada lõputult. Seda saab jagada kuni vee molekulideni.

Levinumad vastusevariandid:

5. – 6. klassis, 7. klassis: ei saa; jah, saab



Sellele küsimusele vastas küll õigesti (eitavalt) 76% nii 5. klassi kui ka 6. klassi õpilastest, kuid enamus põhjendas oma vastust sellega, et vesi kas aurustub enne ära või veetilk kahaneb ja saab otsa. Arvati ka, et see, kas veetilk saab jagada lõputult, sõltub tema suurusest. Vaid mõni üksik oskas seostada seda vee koosnemisega vee väiksematest osakestest – vee molekulidest (5. klassis 4% ning 6. klassis 3% vastanutest). Kuigi just eelmises küsimuses vastati umbes pooltel juhtudel, et vesi koosneb vee molekulidest, siis selle küsimuse puhul jäädi oma teadmiste rakendamisega hätta. Jaatavalt ehk täiesti valesti vastas 34% küsitletutest mõlemas klassis.

7. klassi õpilastest vastas õigesti, et ei saa, 66% õpilastest. Kuid nagu 5. ja 6. klassi õpilasedki olid nad seda peamiselt põhjendanud kas sellega, et vesi aurustub enne ära, elektronid saavad otsa või vett ei näe enam jagada. Õigesti põhjendas oma eitust vaid 3% õpilastest. Täiesti valesti, jaatavalt, vastas 34% küsitletutest. Nende kolme klassi tulemused on üsna võrdsed ning selle küsimuse juures ei ole õpilastel näha teadmiste rakendamise oskuse arengut. See võib olla seletatav sellega, et õpilastel ei ole veel väljakujunenud abstraktse mõtlemise võimet. Piaget' arengu staadiumite järgi on laps võimeline optimaalselt opereerima abstraktsemal tasemel alles umbes 15-aastaselt, s.t alles 8. – 9. klassis on õpilased võimelised kasutama oma mõtetes kujuteldavaid mudelitepõhiseid mõisteid [47].

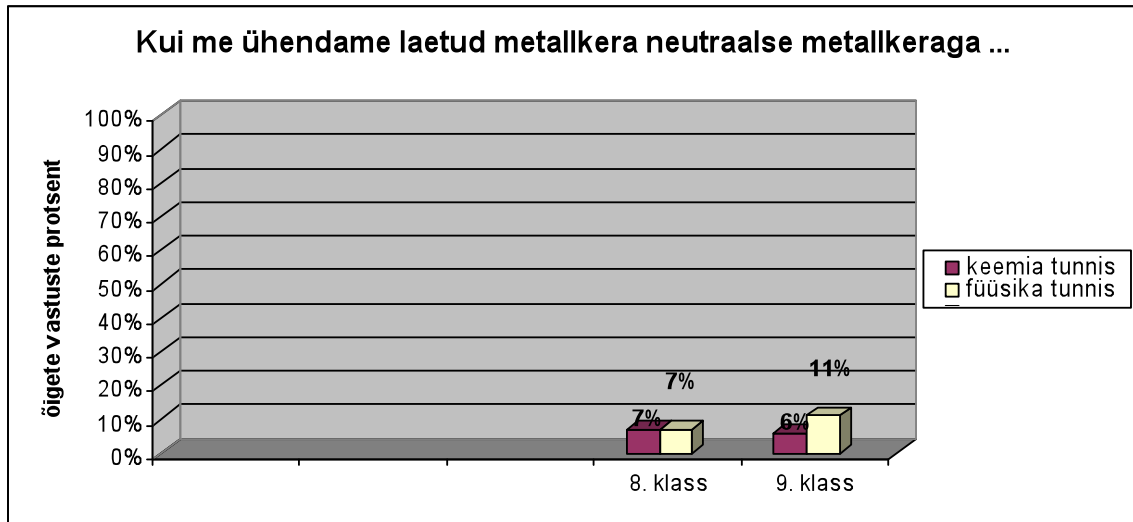
Küsimus: Kui me ühendame laetud metallkera neutraalse metallkeraga, jaotub mõlemale kerale pool esialgsest laengust. Kui üks kera maandada ja seejärel kerad uuesti ühendada, jaotub mõlemale kerale neljandik esialgsest laengust. Jne. Kas nii võib laengut jagada lõputult?

Küsimusele vastasid 8. – 9. klassi õpilased. Õpilased pidid teadma, et laengut kannavad üliväikesed osakesed (elektronid), mille laeng (elementaarlaeng) pole enam jagatav.

Õige vastus: Laengut ei saa lõputult jagada. Seda saab jagada vaid üksikelektroni laenguni (elementaarlaenguni).

Levinumad vastusevariandid:

8. – 9. klassis: ei saa; jah, saab



Eitavalt vastas sellele küsimusele 9. klassi keemiatunnis 59%, 9. klassi füüsikatunnis 51%, 8. klassi füüsikatunnis 47% ja 8. klassi keemiatunnis 36% vastanutest. Enamikul juhtudel aga põhjendati oma eitavat vastust valesti (nt laeng saab otsa). Täiesti valesti (jaatavalt) vastas või jättis vastamata 57% 8. klassi ja 35% 9. klassi keemiatundides vastanutest ning 46% 8. klassi ja 38% 9. klassi füüsikatundides vastanutest. Selle küsimuse puhul on näha, et paremini on vastanud 9. klasside õpilased. Ka on erinevalt enamikust küsimustest vastatud 8. klassi füüsika tundides paremini kui keemiatundides. Põhjuseks võib olla asjaolu, et 8. klassi keemias üldiselt ei räägita elementaarlaengust ja küsimus seostub rohkem füüsikaga.

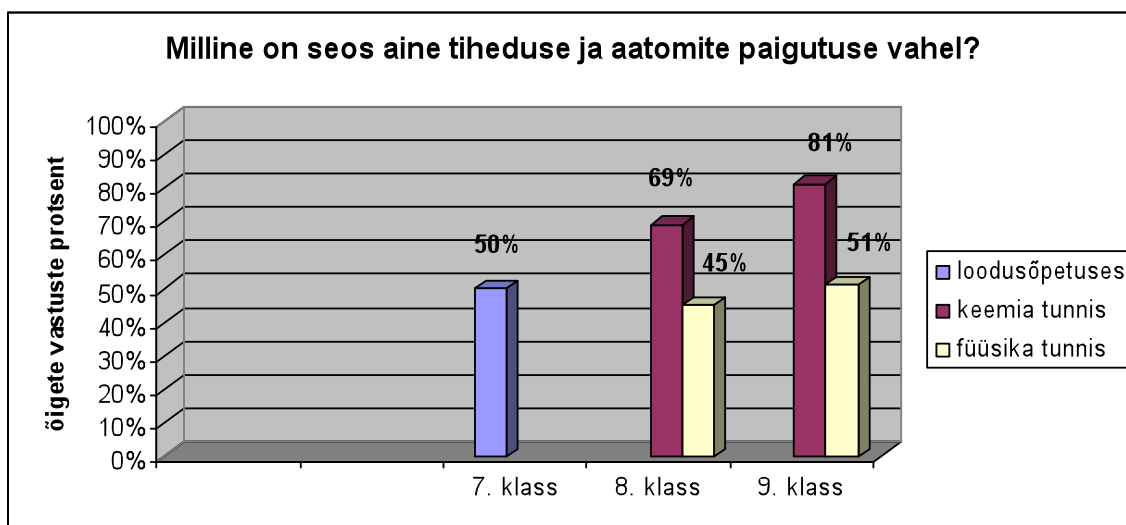
Küsimus: Milline on seos aine tiheduse ja aatomite paigutuse vahel?

Sellele küsimusele pidid vastama 7. – 9. klassi õpilased. Küsimus oli valitud kontrollimaks arusaamist tiheduse mõiste seostatustest aine struktuuriga.

Õige vastus: Mida tihedamalt paiknevad aatomid, seda suurema tihedusega on aine.

Levinumad vastusevariandid:

7. klassis, 8. – 9. klassis: mida tihedamalt paiknevad aatomid, seda suurema tihedusega on aine; aatomite paiknemise tihedus on seotud aine agregaatolekuga; mida tihedamini paiknevad aatomid, seda väiksema tihedusega on aine



7. klassis jagunesid vastajad täpselt pooleks s.t 50% teadis õiget vastust ja 50% pakkus teemast mööda (seostas aatomite paiknemist agregaatoleku, mitte tihedusega), vastas täiesti valesti (vastupidi) või jättis pakkumata. Seega ei kujuta 7. klassi õpilased reaalselt ette, mida näitab aine tihedus.

Väga hästi vastasid 9. klassi keemiatunnis küsitletud. Õigesti vastas neist 81%. 8. klassi keemiatunnis vastas õigesti 69% õpilastest, 9. klassi füüsikatunnis 51% ja 8. klassi füüsika tunnis 45% vastanutest. 19% ja 31% keemias ning 49% ja 55% füüsikas pakkus teemast mööda (seostas aatomite paiknemist agregaatolekuga, kuid mitte tihedusega), vastas täiesti valesti (vastupidiselt õigega) või jättis pakkumata. On üllatav, et tiheduse küsimusele vastati paremini keemiatundides, kuigi tiheduse mõistega tegeleb pigem

füüsika. Positiivsest aspektist võib aga tõdeda, et vanuse kasvades ja mõtlemisvõime arenedes suureneb ka õigesti vastanud õpilaste arv.

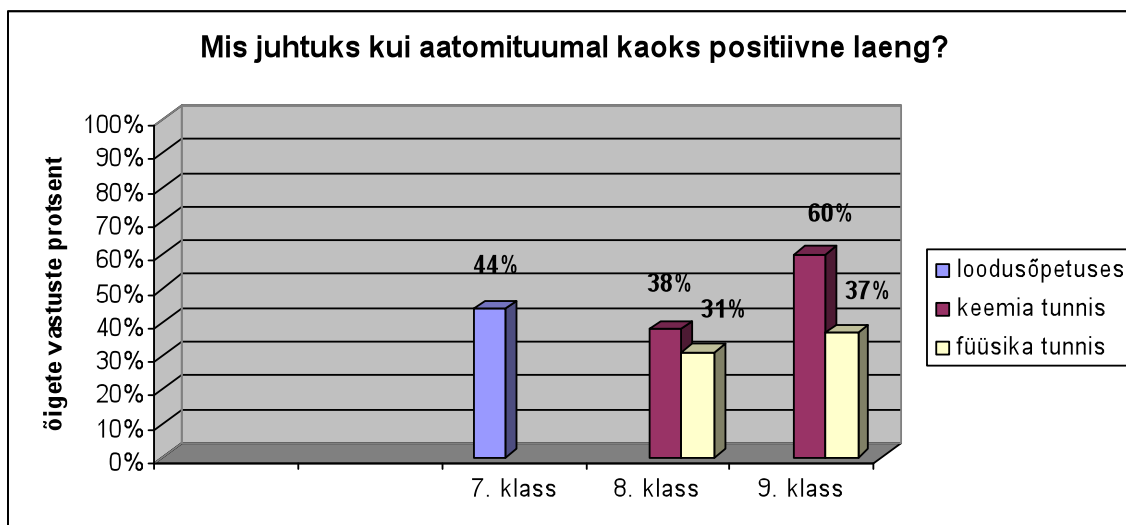
Küsimus: Mis juhtuks kui aatomituumal kaoks positiivne laeng?

Vastanuteks olid 7. – 9. klassi õppurid. Sellele küsimusele otseselt üheski õpikus vastust pole. Õpilastel oli vaja teada, et tuuma ja elektronide vahel esineb külgetõmbejõud ning osata loogiliselt tuletada vastus.

Õige vastus: Positiivse laenguga aatomituuma ja negatiivse laenguga elektronide vahel esineb külgetõmbejõud, mis hoiab elektrone aatomis kinni. Kui aatomituumal kaoks positiivne laeng, laguneks aatom koost.

Levinumad vastusevariandid:

7. klassis, 8. – 9. klassis: aatom laguneks laiali; muutuks negatiivseks iooniks



Enamik 7. klassis vastanutest vastas kas valesti või jättis küsimusele vastamata (56%). 25% arvas, et sel juhul tekiks negatiivse laenguga osake, mis on vale vastus. Õigesti vastas küsimusele 44% vastanutest. Seega ei ole õpilased sisuliselt aru saanud, mille tõttu elektronid püsivad aatomis koos.

Kõige paremini vastati 9. klassi keemiatunnis (60%). Järgnesid 8. klassi keemiatunnis vastanud (38%), 9. klassi füüsikatunnis vastanud (37%) ning lõpuks 8. klassi füüsikas vastanud (31%). Valedest vastustest domineeris ülekaalukalt vastus, et

aatom muutuks siis negatiivseks iooniks. Jällegi vastati 9. klassides paremini kui 8. klassides ning keemia tundides paremini kui füüsika tundides.

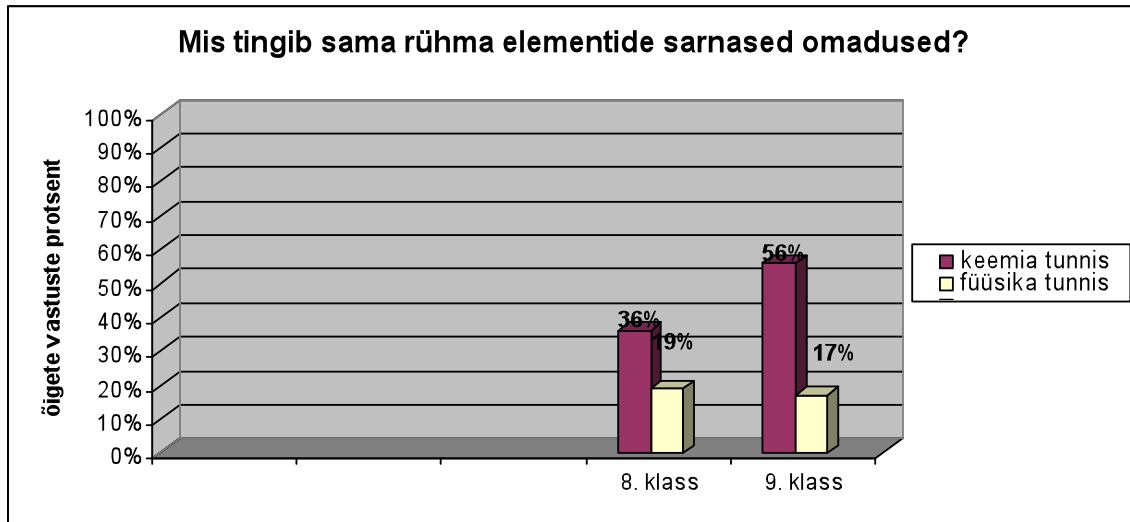
Küsimus: Mis tingib sama rühma elementide sarnased omadused?

Sellele küsimusele vastasid 8. ja 9. klassi õpilased. Kontrolliti õpilaste arusaamist seosest aatomi ehituse ja perioodilisustabeli vahel, kuivõrd osatakse seostada elementide sarnaseid omadusi aatomite väliskihielektronide arvuga.

Õige vastus: Sama rühma elementide sarnased omadused on tingitud samasugusest aatomi väliskihielektronide arvust.

Levinumad vastusevariandid:

8. – 9. klassis: samasugune elektronide arv väliskihis; elektronid



Keemiatunnis vastanute õigete vastuste protsent (8. klass – 36%, 9. klass – 56%) ületas märgatavalt füüsikatunnis vastanute õigete vastuste protsendi (8. klass – 19%, 9. klass – 17%). Eriti nõrgalt vastati füüsikatundides, kuna ilmselt ei seostatud seda keemias õpituga.

Küsimus: Selgita, kuidas tekib aatomist positiivne ioon ja kuidas negatiivne ioon?

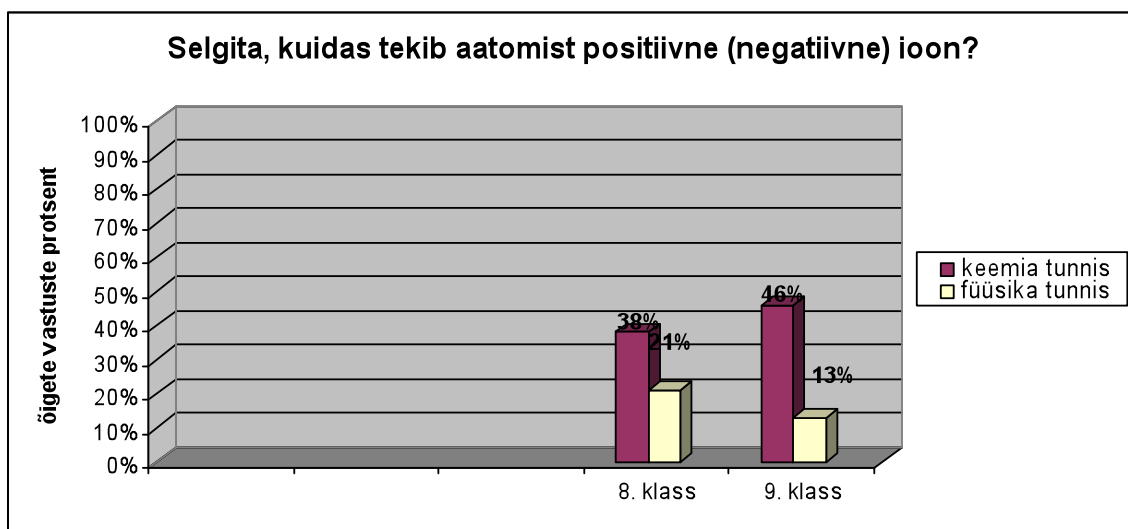
Küsimusele vastasid taas vaid 8. – 9. klassi õpilased. Õpilased pidid mõistma aatomite ja ionide vahelist erinevust ning oskama seostada ionide teket elektronide

liitmise või loovutamise. Vastus võis õppuritel eelnevalt õpitust teada olla, kuid nad võisid selle ka loogiliselt tuletada, lähtudes osakeste laengutest.

Õige vastus: Kui aatom loovutab elektrone, tekib temast positiivne ioon ning kui aatom liidab elektrone, tekib temast negatiivne ioon.

Levinumad vastusevariandid:

8. – 9. klassis: kui aatom loovutab elektrone, tekib temast positiivne ioon, ning kui aatom liidab elektrone, tekib temast negatiivne ioon; kui aatom liidab elektrone, tekib positiivne ioon ning kui aatom loovutab elektrone, tekib negatiivne ioon

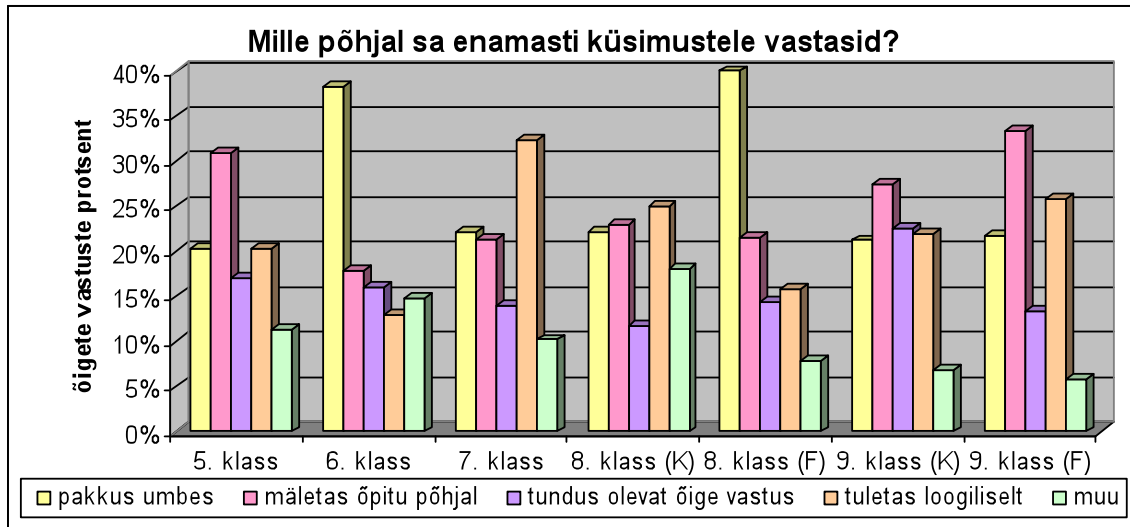


Teistest märgatavalt paremini vastati 9. klassi keemiatunnis (46%). Üsna suure vahega järgnesid 8. klassi keemiatunnis vastanud (38%), seejärel 8. klassi füüsikatunnis vastanud (21%) ning lõpuks 9. klassi füüsikatunnis vastanud (13%). Paljudel oli õige ettekujutus, et ionide tekkeks tuleb elektrone liita või loovutada, kuid nad ei arvestanud elektronide negatiivset laengut ning seega pakkusid vastupidiseid variante. Jällegi tuleb välja, et 9. klassi õpilaste õiged vastused keemiatunnis ületavad 8. klasside õpilaste õiged vastused ning taaskord on füüsikatundides antud vastused märgatavalt nõrgemad.

Küsimus: Mille põhjal sa enamasti küsimustele vastasid?

Sellele küsimusele pidid vastama kõik küsitletud. Küsimuse üks eesmärk oli selles, et näha, mille põhjal õpilased vastuseid andsid s.t kui paljud kasutasid õppematerjalidest omandatud ja kui paljud pakkusid umbes. Teiseks taheti kontrollida, kuivõrd õpilased ise teadvustavad seda, mille põhjal nad vastavad. Selle küsimuse juures

olid ette antud vastusevariandid: pakkusid umbes; mäletasid õpitu põhjal; tundus olevat õige vastus; tuletasid loogiliselt; muu.



5. klassi õpilastest 31% märkis, et mäletab vastuseid õpitu põhjal, 20% õpilastest tunnistas ausalt, et pakkus umbes, ning sama palju tuletas loogiliselt oma vastused. 6. klassis oli kõige rohkem neid (38%), kes pakkusid vastuseid umbes. Järgnesid 18%-ga need, kes mäletasid õpitu põhjal, ning 16%-ga need, kellele tundus olevat õige vastus. 32% 7. klassis vastanutest tuletas vastused loogiliselt, 22% pakkus umbes ja 21% mäletas õpitu põhjal. 25% 8. klassi keemiatunnis küsitlustest vastas, et tuletas vastused loogiliselt. 23% vastas, et mäletab õpitu põhjal, ja 22% tunnistas, et pakkus umbes. Tervelt 40% 8. klassi füüsikatunnis vastanutest vastas, et pakkus umbes, 22% mäletas õpitu põhjal ja 16% tuletas loogiliselt. Keemias küsitletud 9. klassi õppuritest 27% mäletas vastuseid õpitu põhjal, 23%-le tundus olevat õige vastus ja 22% tuletas vastuse loogiliselt. 9. klassi füüsikas küsitletutest 33% mäletas õpitu põhjal, 26% tuletas loogiliselt ja 22% pakkus umbes. Veel toodi vastusevariantidena välja, et vaadati õpikust või kaasõpilase pealt ning osa õpilastest oli jätnud ka sellele küsimusele vastamata. Enamik küsitletutest, kes märkis, et nad mäletasid vastust õpitu põhjal, vastas ka õigesti. Kuid need õpilased, kes tuletasid oma vastused loogiliselt, hindasid oma loogilist mõtlemisvõimet üle ning vastasid üldjuhul valesti.

Uuringu küsitluste tulemusena selgus, et paljud õpilased ei ole omandanud ka kõige lihtsamaid teadmisi aatomist. Eriti halvasti vastati küsimustele, mis nõudsid

erinevate mõistete seostamist. Tulemus näitab, et õpilased ei ole võimelised kasutama oma mõtetes kujuteldavaid mudelitepõhiseid mõisteid. Ka Piaget' arengu staadiumite järgi on laps võimeline optimaalselt opereerima abstraktsemal tasemel alles umbes 15-aastaselt, s.t alles 8. – 9. klassis [47]. Tulemused kinnitavad oletust, et laste mõtteis on fakt aatomite olemasolust, nende ehitusest, kuid seda vaid kui omaette seisev üksikteadmine. Kui paluda õplastel seostada aatomit teiste õpitud mõistetega, on vastused üsna puudulikud. Näiteks teadsid 5. – 7. klassi õpilased üsna hästi, et vesi koosneb vee molekulidest, kuid kui uuriti, kas veetilka saab lõputult jagada ning paluti vastust põhjendada, siis veetilga jagamist kuni vee molekulini enam ei osatud põhjenduseks tuua. Samuti vastasid õpilased erinevates õppeainetes samadele küsimustele erinevalt. Ilmnes, et enamikule küsimustele vastati keemias märksa paremini kui füüsikas, mis võis tuleneda sellest, et küsimused olid rohkem seotud keemia kui füüsika aatomimudeliga ja seostusid rohkem keemiatundides õpituga. Enamus küsitletutest, kes märkisid, et nad mäletasid vastust õpitu põhjal, vastasid ka õigesti. Kuid need õpilased, kes tuletasid oma vastused loogiliselt, vastasid üldiselt valesti.

4.3. Teise uuringu tulemused ja arutelu

Teise uuringu tegemise idee tekkis esimeses uuringus ilmnenud vigadest. Teise uuringu eesmärgiks oli eelkõige välja selgitada keemiaõpetuses füüsikaga enamseotud mõisete korral esinevad väärarusaamad. Teise uuringuga taheti kindlaks teha väärarusaamad ka gümnaasiumiõpilastel. Küsimusi oli põhikoolile 13 ning gümnaasiumile 16, kusjuures gümnaasiumi küsimused olid samad, mis põhikoolilgi, kuid neil oli täiendavalt juures veel kolm küsimust. Samade küsimuste esitamise eesmärgiks oli välja selgitada, kuivõrd erinevad teadmised erinevas vanuseastmes õpilastel. Küsimustele 1.-12 põhikoolis osas ning 1.-15. gümnaasiumiosas oli antud juhised: Vali välja üks (kõige) õige(m) vastus ning tõmba variandi tähele ring ümber. Igale küsimusele oli pakutud neli vastusevarianti. Vastusevariantide koostamisel arvestati nii kirjandusest teadaolevate väärarusaamadega kui ka esimeses uuringus saadud vastustega. Mõlema testi viimases küsimuses oli tegemist kõrvutustesti ülesannetega. Küsimuses oli antud 5 joonist ning nende hulgast tuli leida kõige paremini kirjeldav joonis kolmele mõistele.

Mõnele küsimusele vastamisel pidid õpilased oma teadmisi rakendama, tuues sobivaid näiteid või valides etteantud näidete hulgast sobiva. Näiteks tuli lisaks otsustusele, millistes ainetes esineb kovalentne side, tuua ka vastav näide.

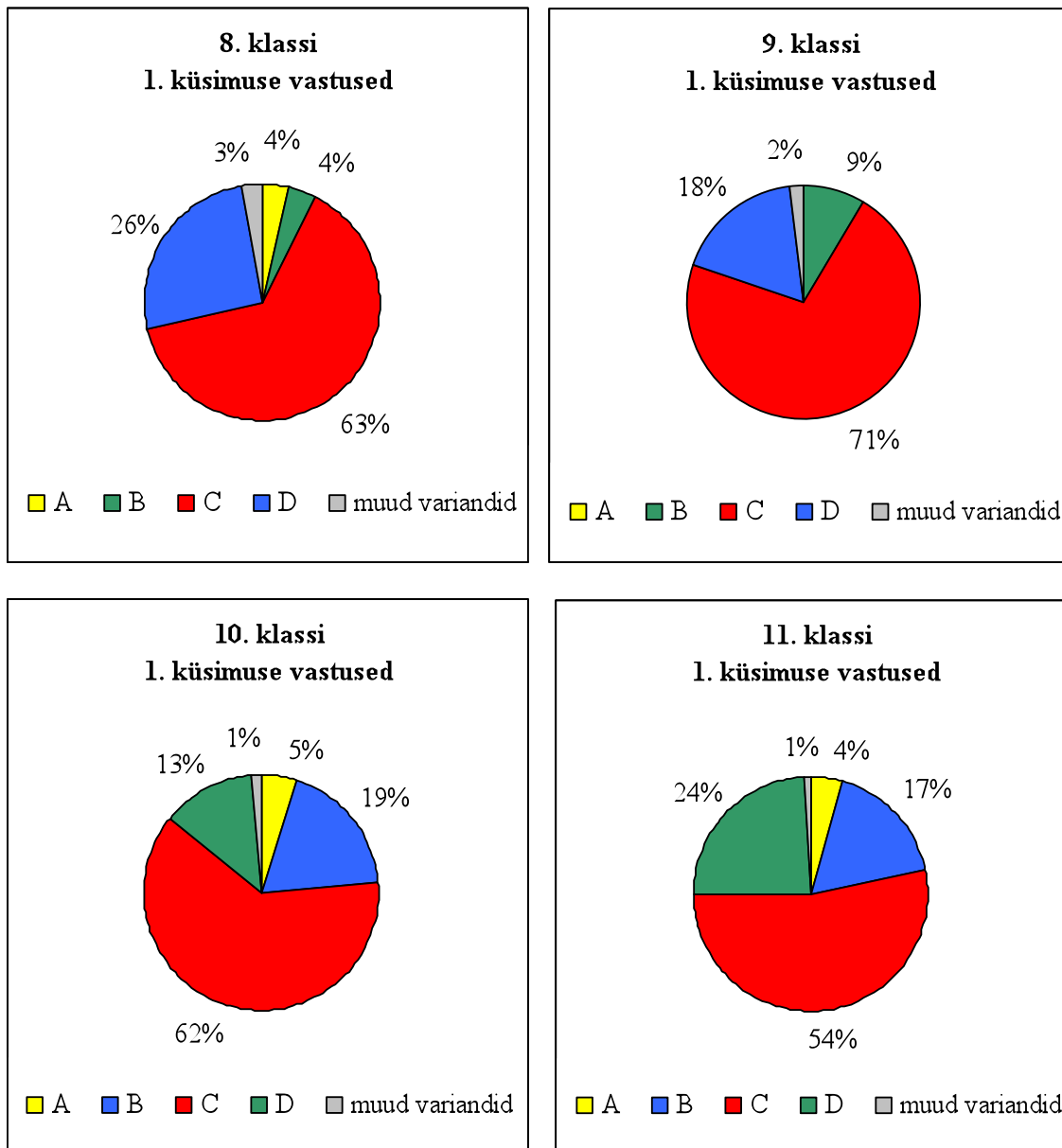
Järgnevalt vaatleme lähemalt küsitluses esitatud küsimusi (alljärgnevas osas on 1. – 15. küsimuse õigetele vastustele tõmmatud joon alla ning viimase küsimuse õiged vastused on toodud sulgudes). Iga küsimuse juures on toodud sektordiagrammidel erinevates klassides vastanud õpilaste valikvastuste protsendid. Alltoodud sektordiagrammidel on õige vastus tähistatud punasega. Enampakutud vale vastusevariant on märgitud sinisega, järgmine variant rohelisega ning kõige vähem pakutud variant kollasega. Viimasel küsimusel (põhikooli 13. küsimus ja gümnaasiumi 16. küsimus) oli võimalik valida viie variandi hulgast ning nende küsimuste sektordiagrammidel on lisaks veel must värv tähistamaks kõige vähem vastatud varianti. Muud variandid (vastamata, märgitud mitu vastusevarianti vms) on tähistatud halli värviga. Õpilaste küsimustikud on toodud Lisades 4. – 5.

1. küsimus: Aatom koosneb

- a) ioonidest,
- b) molekulidest,
- c) tuumast ja elektronidest.
- d) prootonitest ja elektronidest.

Küsimus oli suhteliselt hästi vastatud. Õigesti vastasid 63% 8. klassi õpilastest ning 71% 9. klasside õpilastest. Mõnevõrra nõrgemalt vastasid gümnaasiumiõpilased: õigesti vastasid 62% 10. klassi õpilastest ning 54% 11. klassi õpilastest. 11. klasside kõige nõrgem tulemus tuleneb arvatavasti sellest, et üldjuhul tegeletakse selles klassis orgaaniliste ühendite aineklassidega ning ilmselt ei ole õpilastel enam meeles, mida varasemates klassides on õpitud. Kuigi tegemist on ühe põhimõistega, mida küllaltki sageli on vaja kasutada. Küsimustikku koostades oli kirjandusest teada, et üks tüüpilisemaid väärarusaamu õpilastel on see, et aatom koosneb vaid prootonitest ja

elektronidest [48]. Oletus pidas täielikult paika põhikooli osas, valevastustest tervelt 72% 8. klassi õpilastel ning 63% 9. klassi õpilastel oli märgitud variant d).

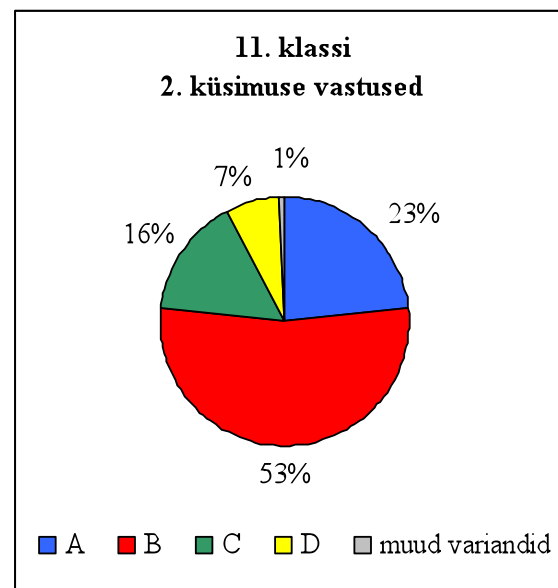
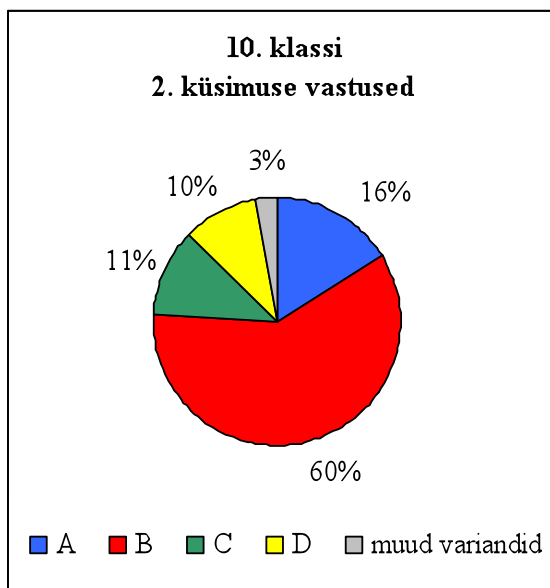
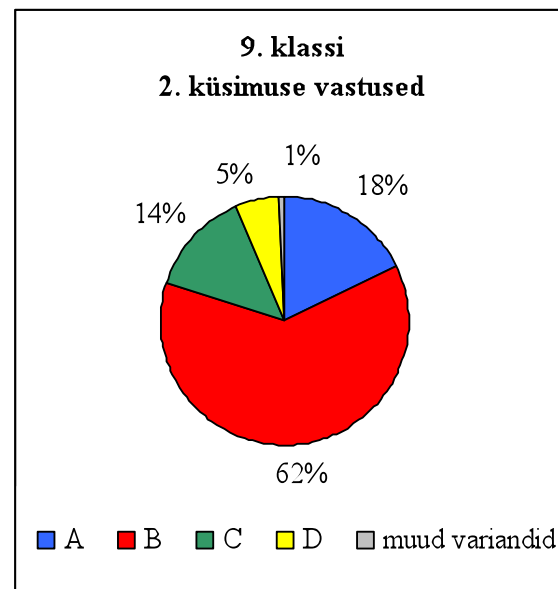
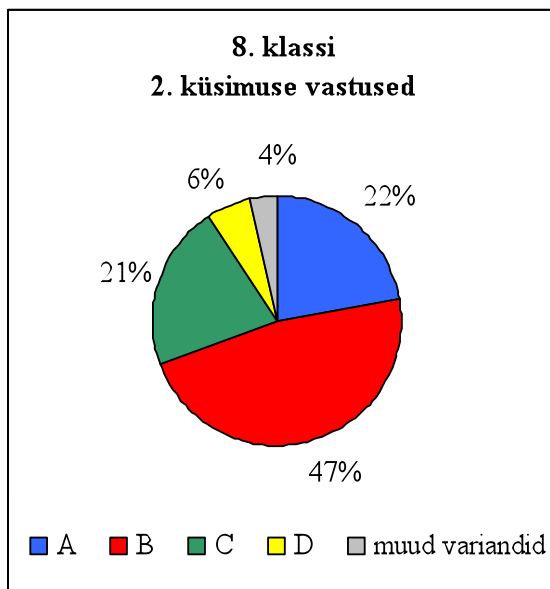


Ka 11.klassi õpilaste puhul leidis oletus kinnitust, valedest vastustest moodustas 52% variant, et aatom koosneb prootonitest ja elektronidest. Nii suur selle vale vastuse protsent viitab tõenäoliselt väga tõsisele väärarusaamale. 10. klassi õpilaste populaarseim vale vastus oli aga see, et aatom koosneb molekulidest. Nii vastas 49% valesti vastanutest. Tähelepanuväärne on ka, et ligi 37% 11. klassi õpilaste valedest vastustest moodustas samuti see variant. Kuigi 10. klassis õpitakse aatomi ehitust üpris põhjalikult,

ei ole õpilaste jaoks ilmselt primaarne, millise aineosakese ehitust täpselt käsitletakse, ei süveneta aatomi, molekuli jt aineosakeste eristamisse.

2. küsimus: Positiivse laenguga aatomituum koosneb

- a) ainult positiivsetest prootonitest,
- b) positiivsetest prootonitest ja neutraalsetest neutronitest,
- c) positiivsetest prootonitest ja negatiivsetest elektronidest,
- d) positiivsetest prootonitest ja negatiivsetest neutronitest.



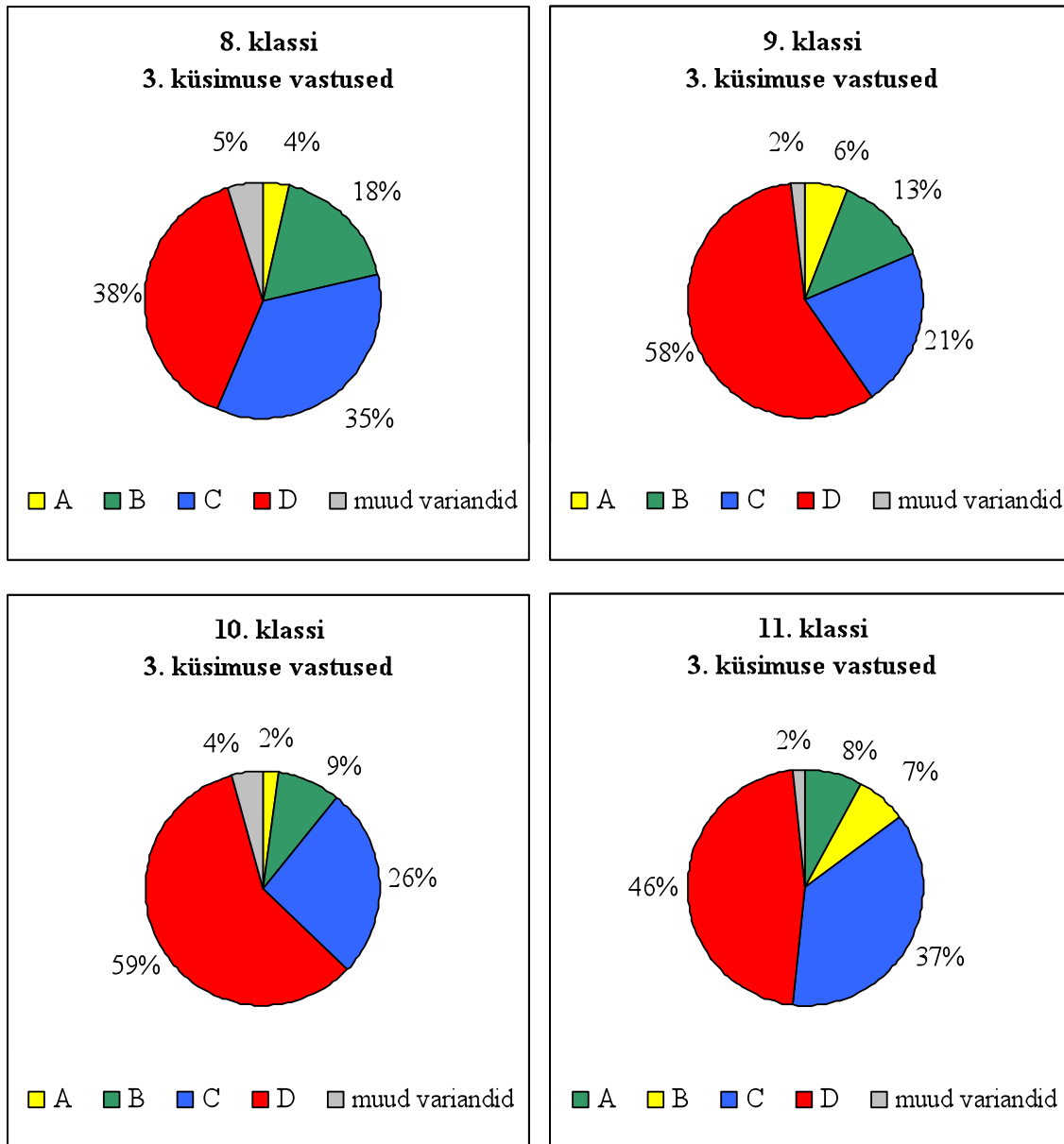
Küsimusele vastas õigesti 47% 8. klassi õpilastest, 62% 9. klassi õpilastest, 60% 10. klassi õpilastest ning 53% 11. klassi õpilastest. Seega kõige paremini vastasid 9. klassi õpilased, järgmistes klassides tulemused aga järjest nõrgenesid. Selle küsimuse puhul oletati, et tüüpväärarusaamaks võib olla arvamus, et aatomituum koosneb vaid positiivsetest prootonitest. Vastusevariant oli inspireeritud kirjandusest, kus oli uurimisel ilmnenud, et õpilased arvavad tihti, et kui keha on positiivselt laetud, siis see tähendabki, et seal on vaid positiivsed osakesed [49]. Kõige rohkem pakutigi vastusena seda varianti: vastavalt 42% valedest vastustest 8. klassis, 47% 9. klassis, 40% 10. klassis ja 50% 11. klassis. Kuna valedest vastustest moodustas see väide üle 25%, kuid enamasti alla 50%, võib öelda, et tegemist võiks olla suhteliselt nõrgalt juurdunud väärarusaamaga. Ka vastusevariant c) oli küllaltki populaarne. 8. klassi õpilastel moodustas see variant 40%, 9. klassi õpilastel 36%, 10. klassi õpilastel 28% ning 11. klassi õpilastel 33% valedest vastustest. See kinnitab ka eelmise küsimuse korral ilmnenud väärarusaama. Õpilased ei tee isegi gümnaasiumiosas vahet molekulil, aatomil, aatomituumal.

3. küsimus: Sama rühma elementide sarnased omadused on tingitud ühesugusest

- a) aatommassist,
- b) tuumalaengust,
- c) elektronkihtide arvust,
- d) väliskihi elektronide arvust.

Kõigest 38% 8. klassi õpilastest vastas küsimusele õigesti. 9. klassi õpilaste seas oli õigesti vastajaid 58%, 10. klassis 59% ja 11. klassis 46%. Sellele küsimusele ühtegi võimalikku väärarusaama kirjanduse põhjal ei leitud, kuid põhiuuringu vastustevariantide koostamisel võeti arvesse õpilaste pakutud vastuseid esimeses uuringus kasutatud küsimustiku vabavastuselisele küsimusele: „Mis tingib sama rühma elementide sarnased omadused?“. Selgus, et nii põhikooli kui gümnaasiumiosas on tugevalt juurdunud väärarusaam, nagu oleksid sama rühma elementide sarnased omadused tingitud ühesugusest elektronkihtide arvust. Valedest vastustest valis seda varianti 58% 8. klassi

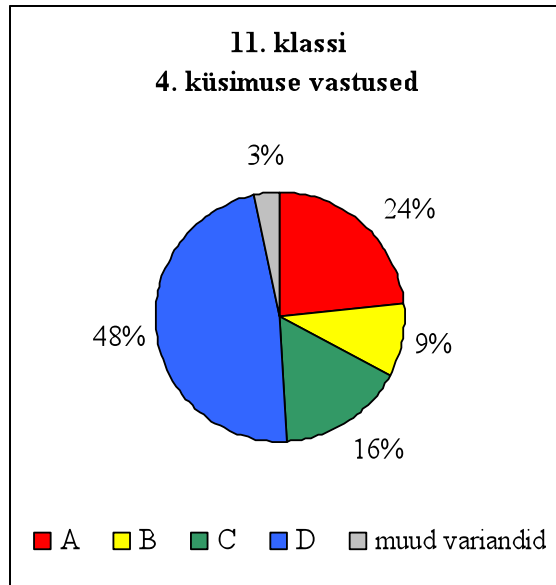
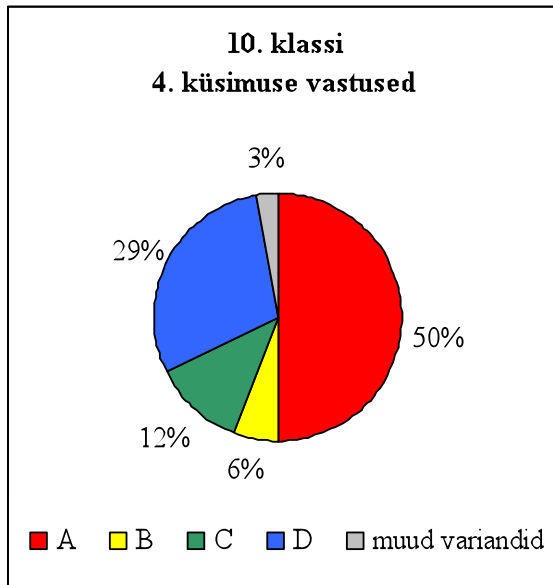
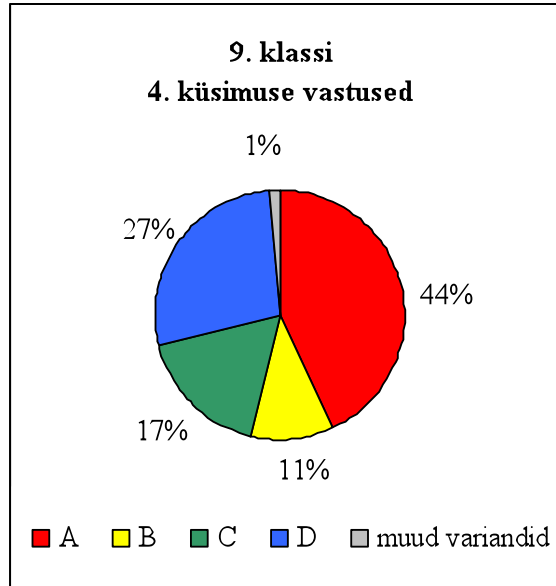
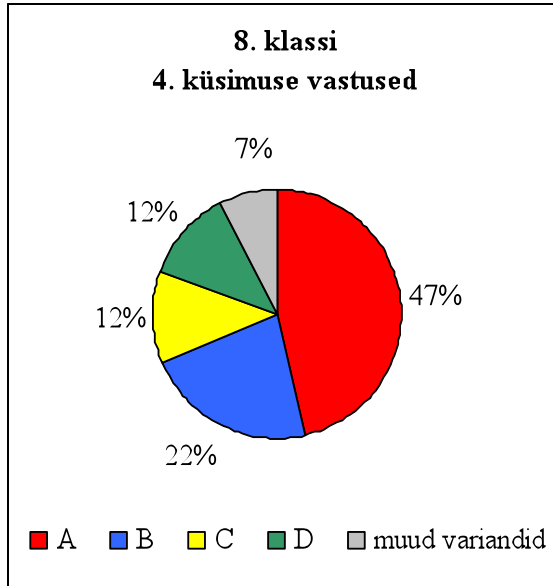
õpilastest, 51% 9. klassi õpilastest, 64% 10. klassi õpilastest ning 69% 11. klassi õpilastest.



Üks põhjusi, miks õpilastel on selline arvamus, võib olla see, et nad mäletavad, et midagi seoses elektronkihtidega on kunagi õpetatud, ja midagi on räägitud ka elementide sarnaste omaduste põhjustest. Nähes ühe variandina elektronkihte, arvatakse, et see võibki olla õige vastus.

4. küsimus: Elemendi oksüdatsiooniaste lihtaines on võrdne

- a) *nulliga*,
- b) tuumalaenguga,
- c) perioodi numbriga,
- d) rühma numbriga.

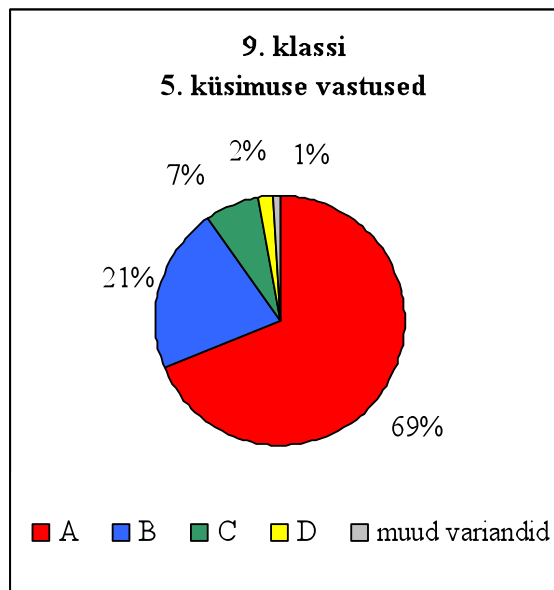
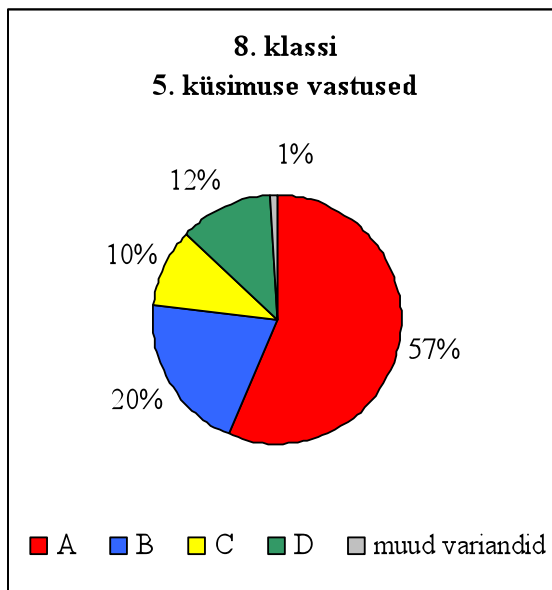


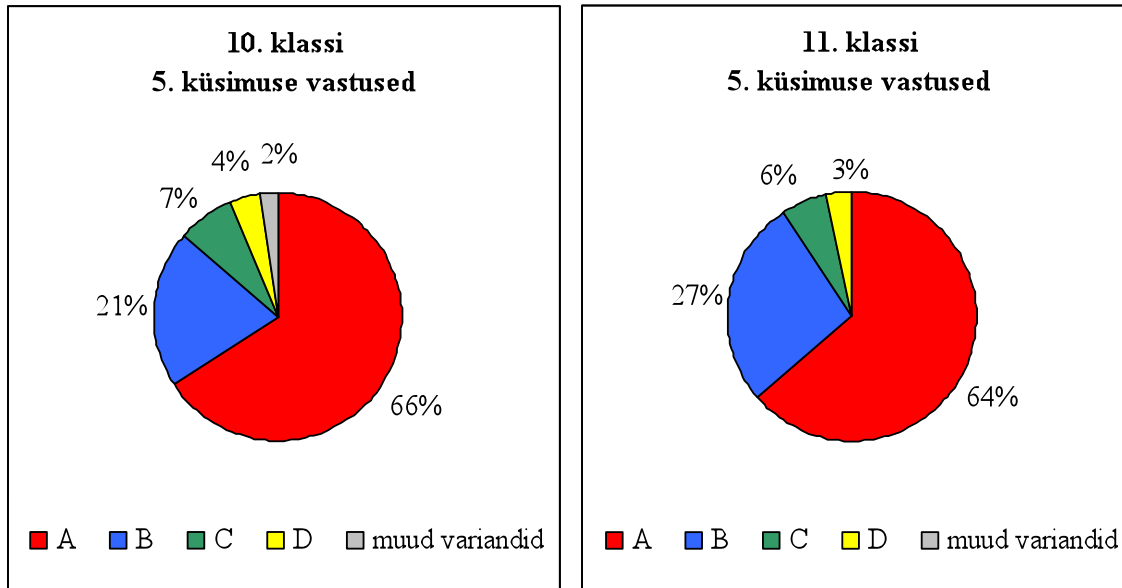
Sellele küsimusele vastas õigesti 47% 8. klassi õpilastest, 44% 9. klassi õpilastest, 50% 10. klassi õpilastest ning vaid 24% 11. klassi õpilastest. Kirjanduse põhjal on üks tüüpilisemaid väärarusaamu see, et õpilased omistavad elemendile ka lihtaines sama

oksüdatsiooniastme mis ühendiski [50]. See tuli välja ka käesolevas uuringus: 9. klassis moodustas variant d) 48% valedest vastustest, 10. klassis 59% ning 11. klassis 62%. A-rühmade elementide ühendite puhul nii ju õpetataksegi, kuid see reegel kantakse sageli üle ka lihtainetele. Võib-olla oligi vanemates klassides suur valesti vastanute arv tingitud sellest, et neil oli kinnistunud teadmine rühma numbriga seosest oksüdatsiooniastmega. Seetõttu on õpetamisel äärmiselt oluline rõhutada, et nii on ainult ühendite korral, lihtainetes on oksüdatsiooniaste siiski alati võrdne nulliga. Oluliselt nõrgemini vastasid 11. klasside õpilased, mis tõenäoliselt on tingitud sellest, et õpitakse orgaanilist keemiat ning oksüdatsiooniastmeid käsitletakse väga minimaalselt. 8. klasside õpilaste hulgas aga sellist väärarusaama esile ei tulnud. Nende kõige tüüpilisem vale vastus oli, et elemendi oksüdatsiooniaste lihtaines on võrdne tuumalaenguga. Selliselt arvas 41% valesti vastajatest.

5. küsimus: Molekul koosneb

- a) aatomitest,
- b) prootonitest ja neutronitest,
- c) tuumast ning elektronidest,
- d) erinevatest ainetest.

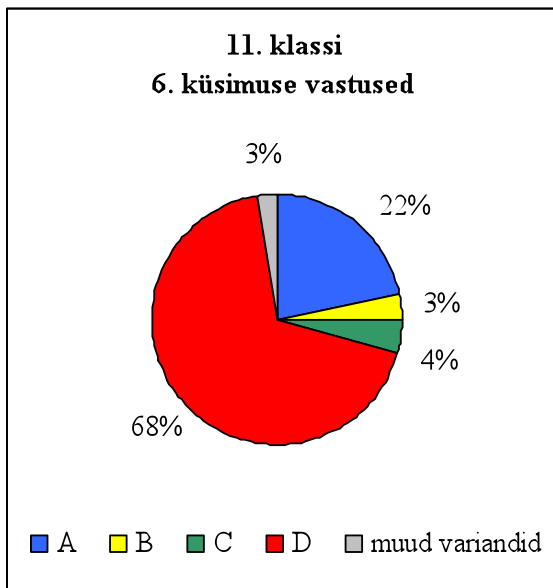
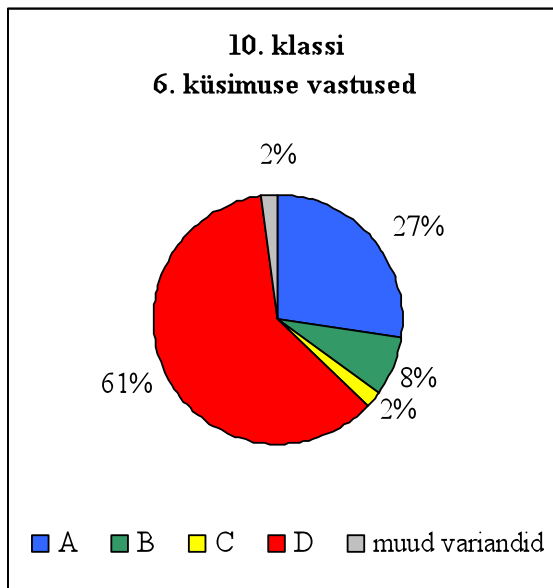
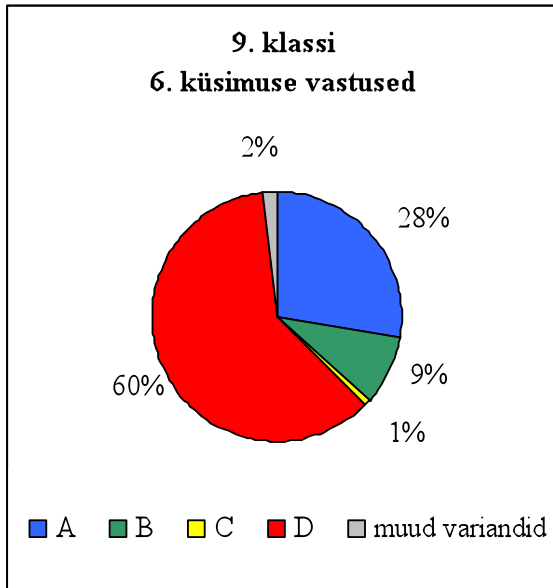
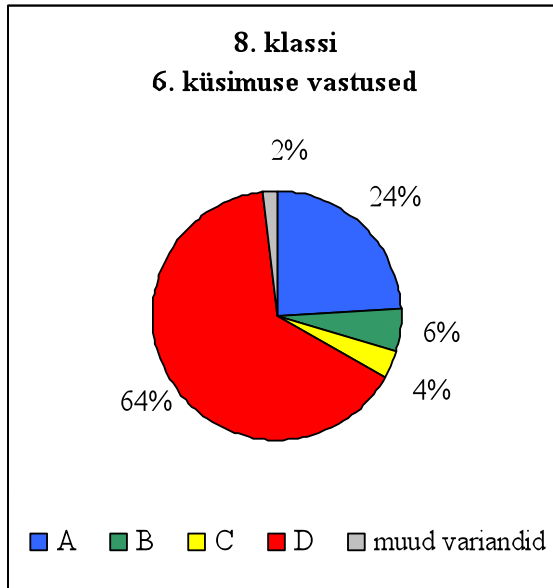




Kuna õpilased ei tee tihti vahet aatomil ja molekulil, siis selle küsimusega taheti seda täpsemalt uurida. Küsimusele vastas õigesti 57% 8. klassi õpilastest, 69% 9. klassi õpilastest, 66% 10. klassi õpilastest ning 64% 11. klassi õpilastest. Jällegi vastasid kõige paremini 9. klassi õpilased, ent õigete vastuste protsent kolme vanema klassi lõikes on üsna ühesugune. Sellest võib järeldada, et alates 9. klassist ei toimu teadmiste paranemist, aga õnneks ei toimu teadmistes ka olulist langust. Valedest vastustest tõusis enim esile vastusevariant b), s.t õpilased arvasid, et molekul koosneb prootonitest ja neutronitest, millest tegelikult koosneb hoopis aatomituum. Valedest vastustest moodustas see variant 8. klassis 47%, 9. klassis 69%, 10. klassis 60% ning 11. klassis koguni 74%. Kuna ka esimeses küsimuses oli väga palju analoogilisi väärraid vastuseid, siis võib oletada, et paljude õpilaste jaoks tõesti ei oma tähtsust, kas tegemist on molekuli või aatomiga, ja millised elementaarosakesed kus esinevad. Massiliselt aetakse aineosakesed segamini.

6. küsimus: Vee keemisel

- eraldub vee pinnalt veeaur,
- laguneb vesi vesinikuks ja hapnikuks,
- katkevad keemilised sidemed vee molekulides,
- katkevad vee molekulide vahelised sidemed ja vesi aurustub.



See küsimus võeti küsimustikku eelkõige seetõttu, et uurida, kuidas eristavad õpilased füüsikalisi ja keemilisi nähtusi. Küsimusele tuli õigeid vastuseid 8. klassis 64%, 9. klassis 60%, 10. klassis 61% ning 11. klassis 68%. Erinevalt teistest küsimustest oli selle küsimuse puhul 11. klassis õigete vastuste protsent kõige kõrgem, mis võib tuleneda sellest, et 11. klassi orgaanilise keemia kursustes käsitletakse molekulaarsete ainete füüsikalisi omadusi põhjalikumalt kui varasemates klassides. Kirjanduse põhjal oli teada mitmeid väärarusaamu: vee keemisel eraldub hapnik [51], keemisel tekkinud veeaur on näha [48]. Tugevamaks väärarusaamaks osutus variant a), s.t õpilaste arvates vee keemisel eraldub veeaur vee pinnalt. Ilmselt on vee keemist näinud igaüks, ent vaatamata

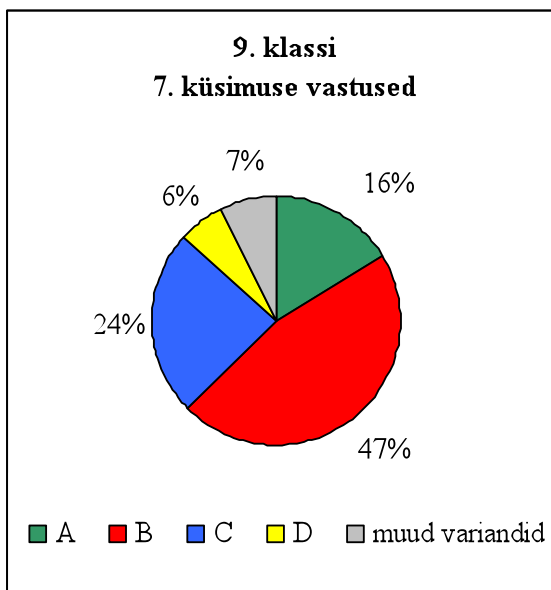
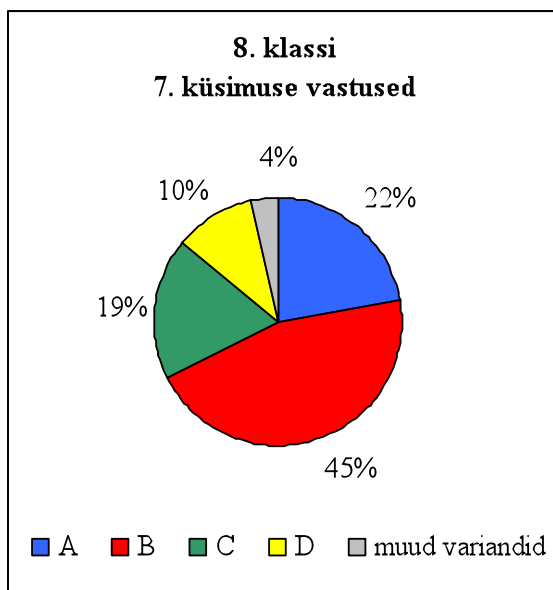
sellele ei osata küsimust seostada igapäevaeluga. Selline arvamus moodustas 68% valedest vastustest 8. klassis, 71% 9. klassis, 69% 10. klassis ning 68% 11. klassis. Teine kirjanduse põhjal levinud väärarusaam, nagu vee keemisel eralduks hapnik, ei leidnud aga käesolevas uuringus kinnitust. Selline vastus moodustas valedest vastustest vaid 16% 8. klasside õpilastel, 22% 9. klasside õpilastel, 20% 10. klasside õpilastel ning 11% 11. klasside õpilastel.

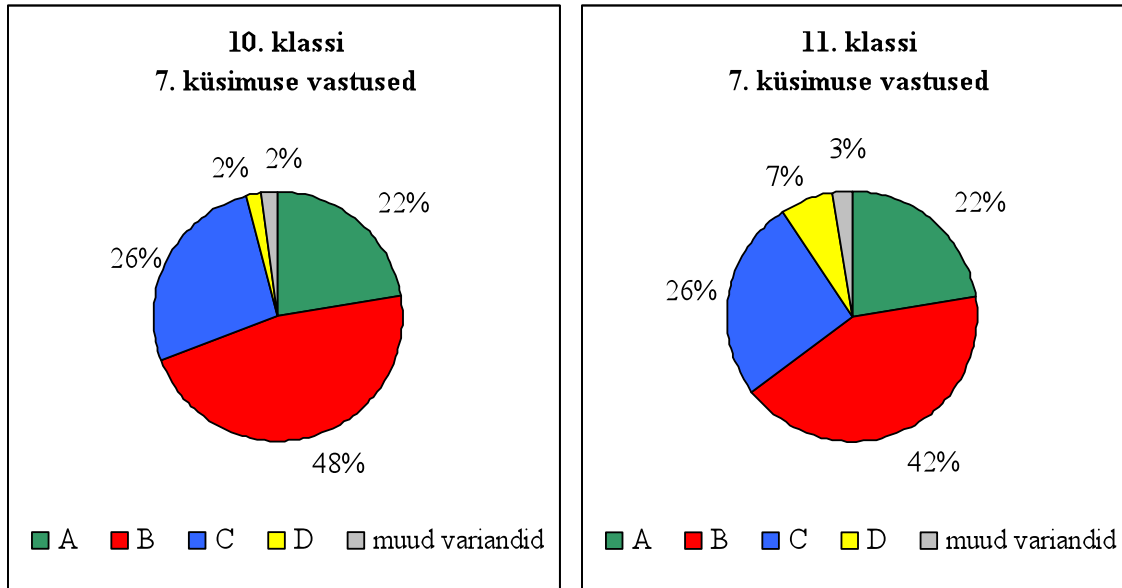
7. küsimus: Kovalentne side esineb

- a) ainult lihtainetes,
- b) aatomite vahel molekulides.
- c) soolades (ioonide vahel),
- d) kõigis ainetes.

Too näide aine kohta, milles esinevad kovalentsed sidemed:

Õige vastusevariandi valis 45% 8. klassi õpilastest, 47% 9. klassi õpilastest, 48% 10. klassi õpilastest ning 42% 11. klassi õpilastest. Näidete toomisega oli aga olukord kurb. Vaid 5 õpilast 8. klassist, 32 õpilast 9. klassist, 2 õpilast 10. klassist ja 3 õpilast 11. klassist tõid õige vastusevariandi juurde ka õige näite.





Kummaline oli, et õigeid näiteid toodi ka valede vastusevariantide juurde. Kas oli tegemist huupi pakkumisega ilma sisust täpsemalt aru saamata või on kovalentse sideme osas mingid näited pähe õpitud ilma et tegelikult oleks aru saadud mõiste sisust. Valedest vastustest pakuti 8. klassis kõige rohkem varianti, et kovalentne side esineb vaid lihtainetes (41% valedest vastustest). Teistes klassides oli populaarsem vale vastus, et kovalentne side esineb soolades (ioonide vahel) (45% valedest vastustest 9. klassis, 50% 10.klassis ning 45% 11.klassis).

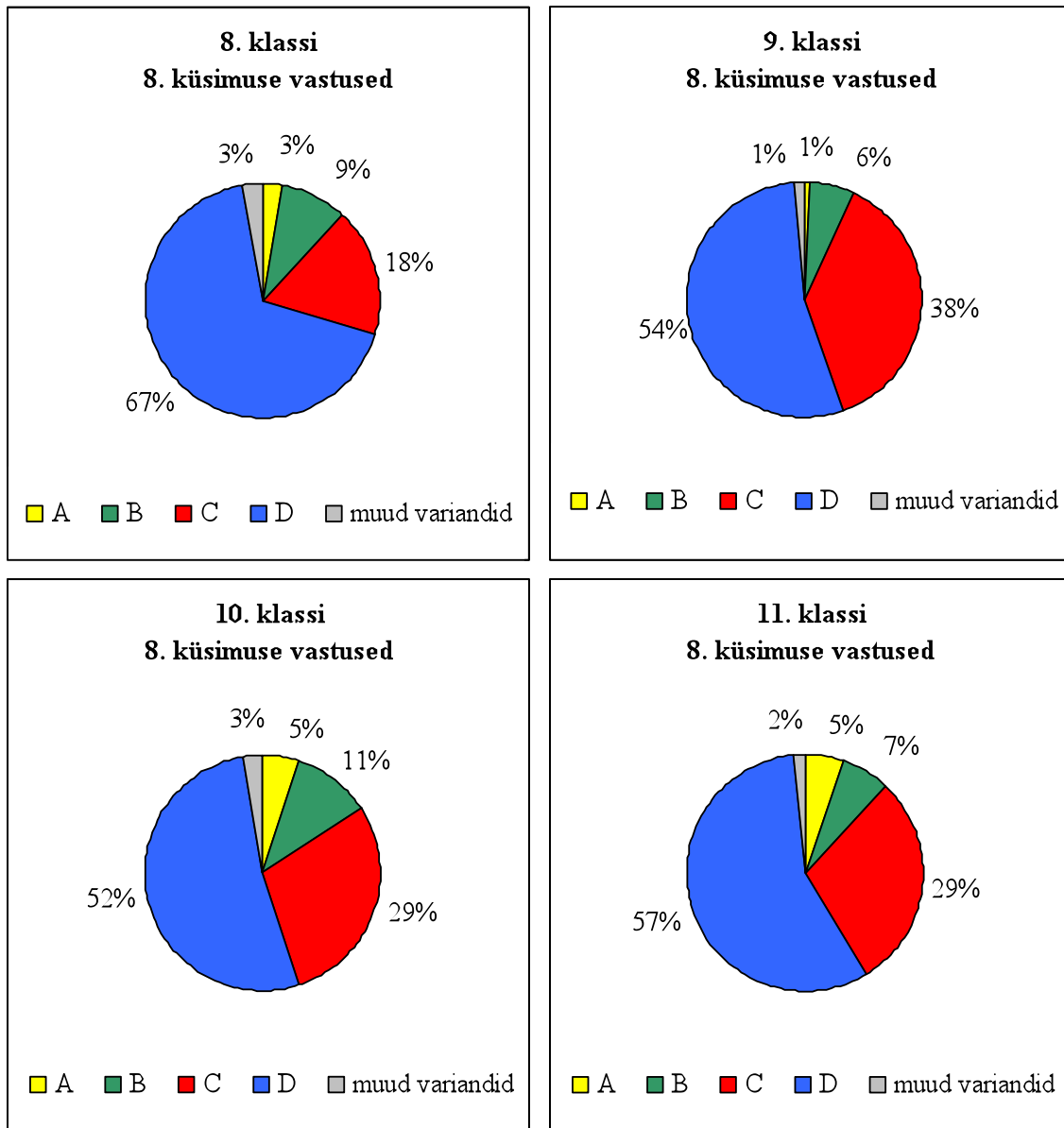
8. küsimus: Metalliline side esineb

- lihtainetes,
- ioonsetes ainetes,
- metallides.
- metalliliste elementide ühendites.

Too näide aine kohta, milles esinevad metallilised sidemed:

Sellele küsimusele vastati üsna nõrgalt. Õigeid vastusevariante tuli 8. klassis vaid 18%, 9. klassis 38% ning gümnaasiumiosas mõlemas klassis 29%. Nagu ka eelmise küsimuse puhul, ei osanud enamik õpilasi oma vastusevarinadile vastavat näidet tuua.

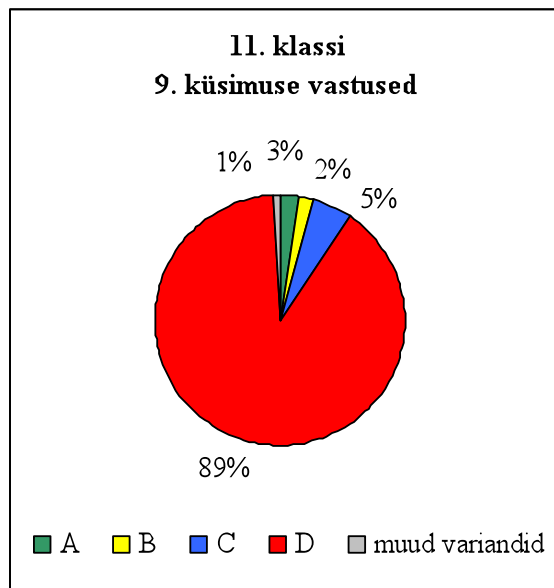
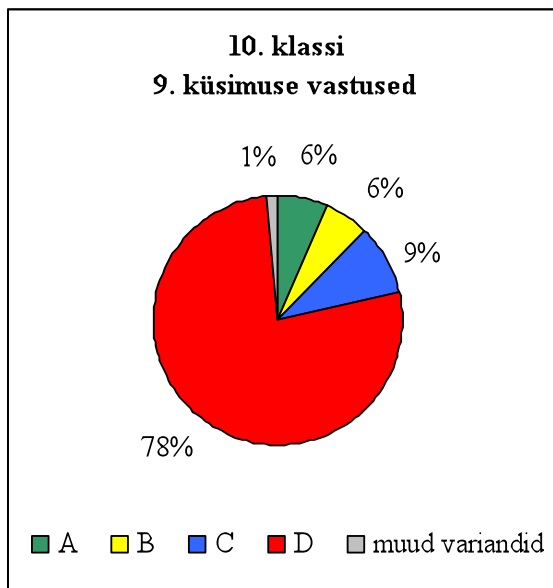
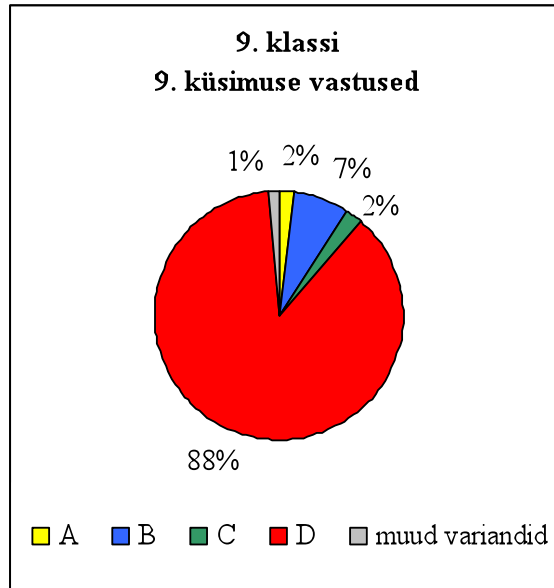
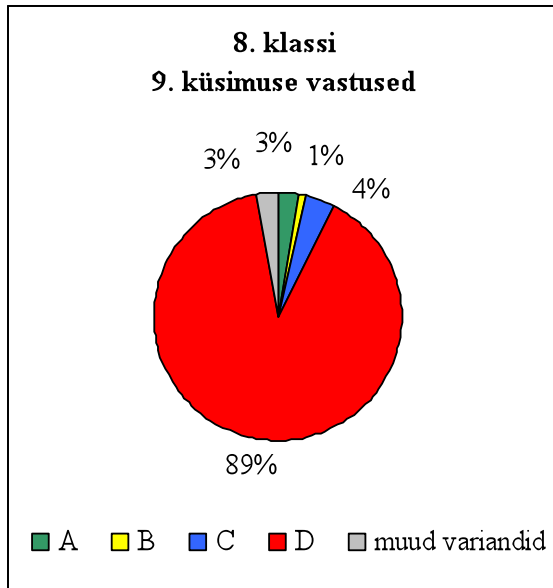
Nagu eelmise küsimuse puhulgi, toodi ka siin vale vastusevariandi juurde sageli õigeid näiteid.



Selle küsimuse puhul tuli väga tugevalt esile väärarusaam, nagu esineks metalliline side metalliliste elementide ühendites. Valedest vastustest moodustas see tervelt 82% 8. klassis, 87% 9. klassis, 74% 10. klassis ja 80% 11. klassis. Näited aga, mille õpilased antud väite kinnitamiseks töid, olid suures osas õiged (näidetena toodi metalle). Üks põhjus võib olla selles, et õpilastel on meelde jäänud metallilise sidemega ainete leidmise ülesannetest õige vastusena metallid. Seejuures ei ole kas vaevunud süvenema, mida metalliline side sisuliselt tähendab, või pole sellest aru saadud.

9. küsimus: Metalle kasutatakse elektrijuhtmete materjalina kuna nad

- a) käituvad redutseerijadena,
- b) on väga vastupidavad ilmastikutingimustele,
- c) on kergesti töödeldavad, plastilised,
- d) on head elektrijuhid nendes esineva metallilise sideme tõttu.



See küsimus oli väga hästi vastatud. Küsimuse vastas õigesti 89% 8. klassi õpilastest, 88% 9. klassi õpilastest, 78% 10. klassi õpilastest ning 89% 11. klassi

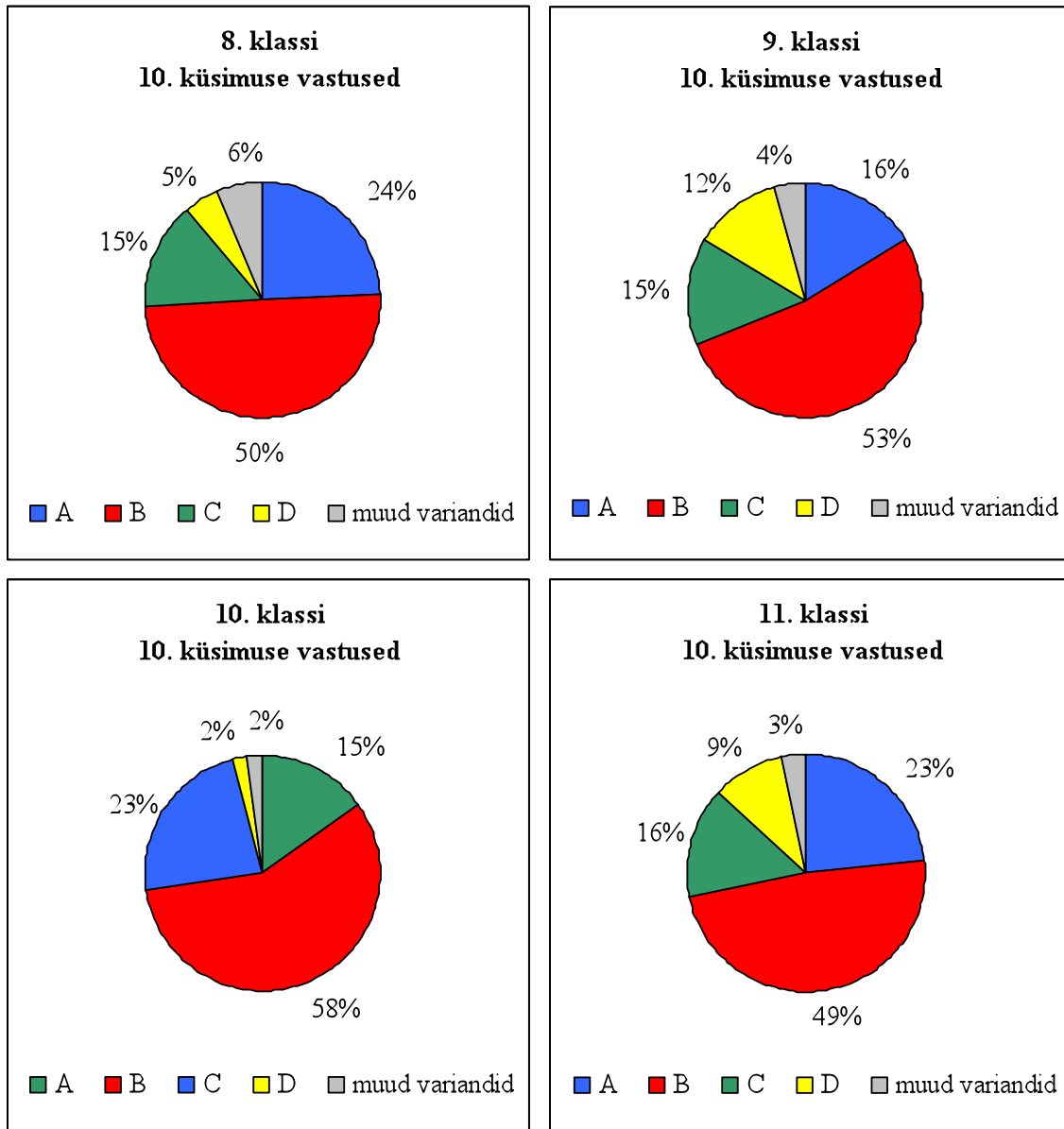
õpilastest. Eriti üllatav on see tulemus ka seetõttu, et eelmine küsimus metallilise sideme kohta oli vastatud üsna halvasti. 9. klassi õpilastel oli levinuim vale vastus, et metalle kasutatakse elektrijuhtmete materjalina, kuna nad on väga vastupidavad ilmastikutingimustele (57% valedest vastustest). 8. klassi õpilaste valedest vastustest moodustas 36% variant, et metalle kasutatakse elektrijuhtmete materjalina, kuna nad on kergesti töödeldavad, plastilised. 10. klassi õpilaste valedest vastustest moodustas see variant 41% ja 11. klassi õpilastel 50%. Neid aga ei saa lugeda väljakujunenud väärarusaamadeks, kuna üldine õpilaste arv, kes selliselt vastas oli väga väike.

10. küsimus: Redoksreaktsioonid on reaktsioonid, mille käigus

- a) toimub ainult redutseerumine,
- b) toimuvad korraga nii oksüdeerumine kui ka redutseerumine,
- c) toimub molekulide jagunemine ioonideks,
- d) kõigi elementide oksüdatsiooniastmed kahanevad.

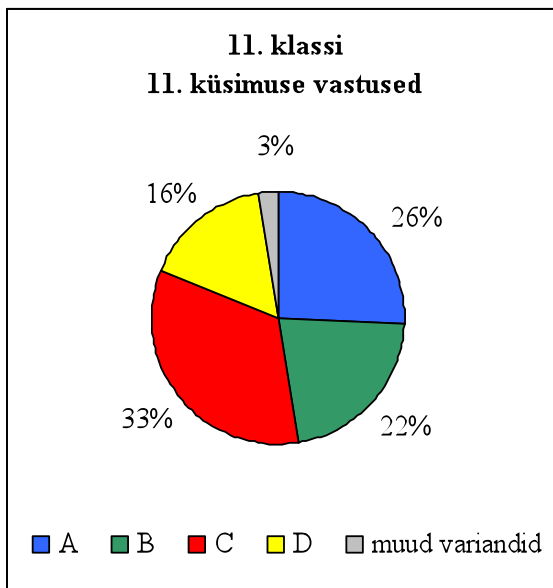
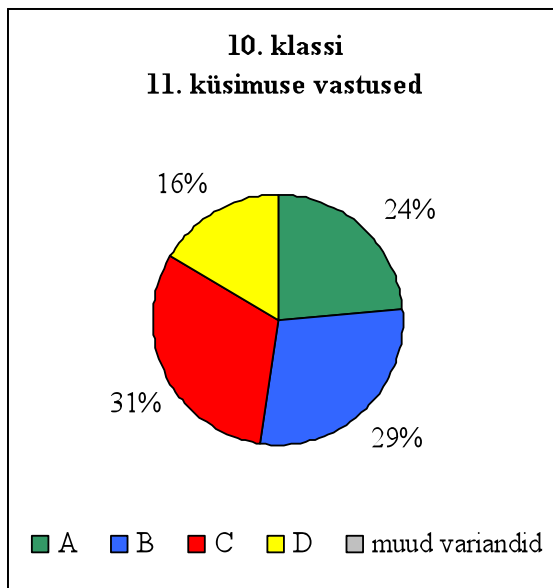
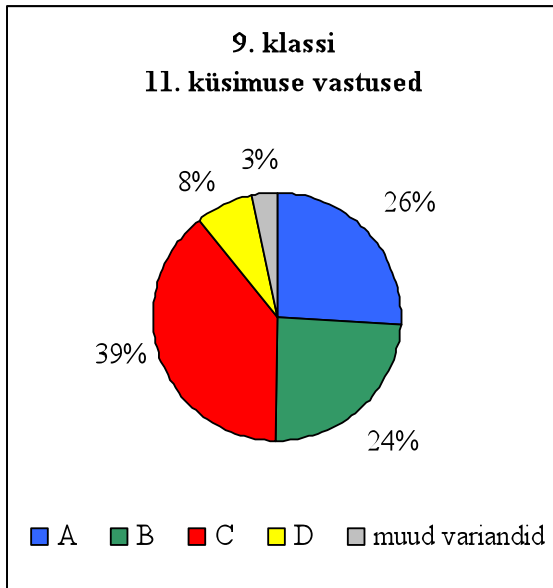
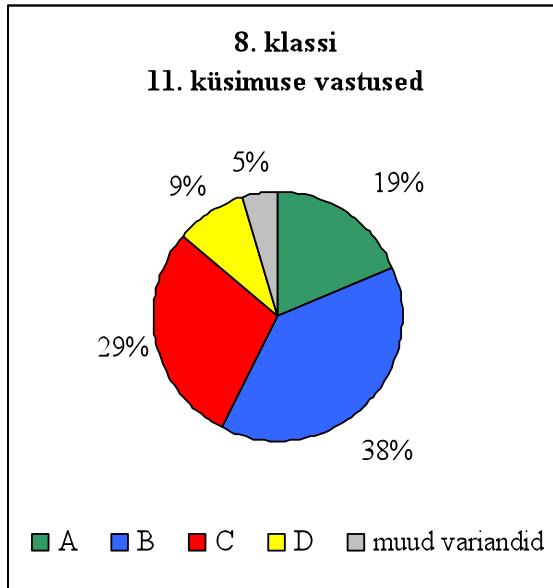
Küsimusele vastas õigesti 50% 8. klassi õpilastest, 53% 9. klassi õpilastest, 58% 10. klassi õpilastest ning 49% 11. klassi õpilastest. Kirjanduse põhjal oli õpilastel tüüpiline väärarusaam, et redoksreaktsioonide käigus toimub vaid kas oksüdeerumine või redutseerumine [50]. Käesolev uuring kinnitas seda arvamust – variant a) oli valede vastuste hulgast levinuim põhikoolis osas ning ka 11. klassis. Tegemist võib olla nõrga väärarusaamaga, kuna valede vastuste hulgas oli selle osakaal 25% ja 50% vahel: 8. klassis 48%, 9. klassis 35% ning 11. klassis 45% valedest vastustest. Üks õpilane kirjutas veel vastusele kommentaariks, et redoksreaktsioon võib olla ka reaktsioon, kus toimub ainult oksüdeerumine. Võib-olla samastatakse redoksreaktsioonid ühe osaga kogu protsessist (redutseerumine, oksüdeerumine), mida õpilastel tuleb harjutusülesandena tihti redoksreaktsioonidest leida. 10. klassi õpilaste hulgas oli aga populaarseim vale vastus, 54% valedest vastustest, et redoksreaktsioonid on reaktsioonid, mille käigus toimub molekulide jagunemine ioonideks. Ilmselt tuletasid õpilased sellise vastusevariandi

pidades silmas 10. klassis õpitavat elektrolüütilist dissotsiiooni, mõistmata, et see pole redoksreaktsioon.



11. küsimus: Oksüdeerumise käigus elemendi aatom

- a) liidab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste suureneb,
- b) liidab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste väheneb,
- c) loovutab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste suureneb.
- d) loovutab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste väheneb.

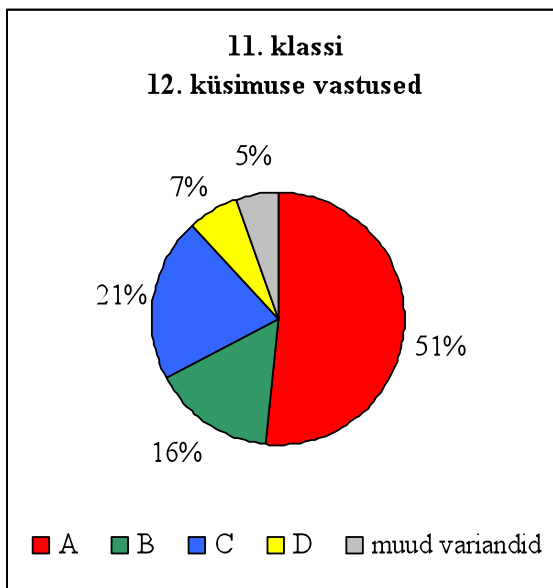
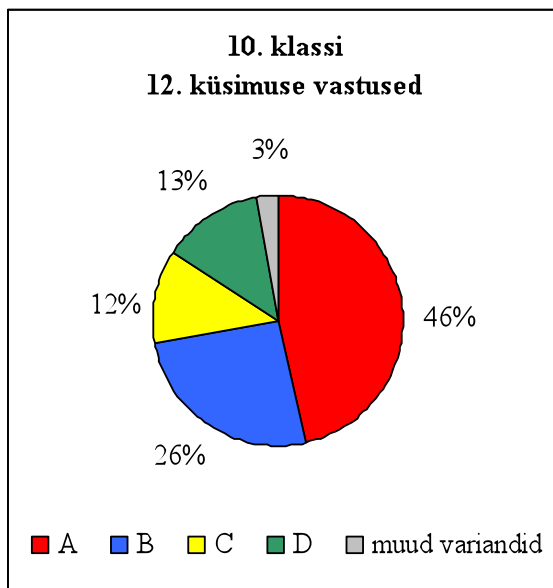
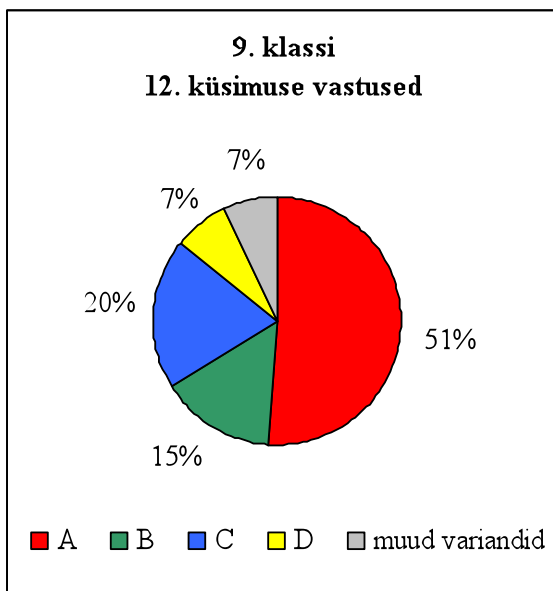
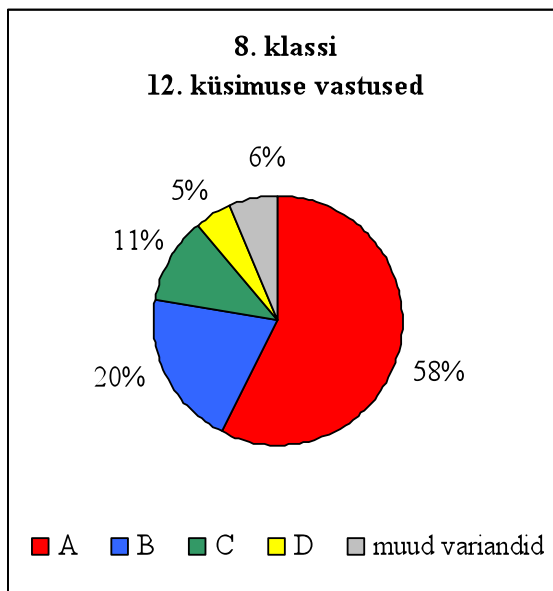


See küsimus oli üsna nõrgalt vastatud. Vaid 29% 8. klassi õpilastest, 39% 9. klassi õpilastest, 31% 10. klassi õpilastest ning 33% 11. klassi õpilastest vastas küsimusele õigesti. Kirjanduse põhjal on üks levinuimaid väärarusaamu see, et aetakse segamini oksüdeerumine ja redutseerumine [50]. Seda kinnitas ka 8. klassi ja 10. klassi õpilaste levinuim vale vastus: 55% 8. klassi õpilaste ja 42% 10. klassi õpilaste valedest vastustest moodustas variant b) ehk täpselt vastupidine variant õigele vastusele. Seega aeti segamini protsessi nimetus, kuid osati õigesti seostada oksüdatsiooniastme vähenemist elektronide liitmisega. Teine tüüpiline viga õpilastel on see, et nad unustavad elektroni negatiivse laengu [52], ning ilmselt sellest tulenevalt moodustas 43% 9. klassi õpilaste ning 39% 11.

klassi õpilaste valedest vastustest vastusevariant a), et oksüdeerumise käigus elemendi aatom liidab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste suureneb.

12. Küsimus: Element väävel oksüdeerub reaktsioonis:

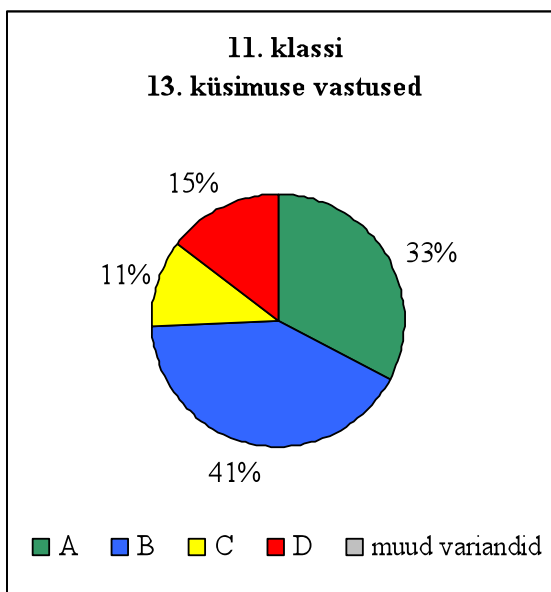
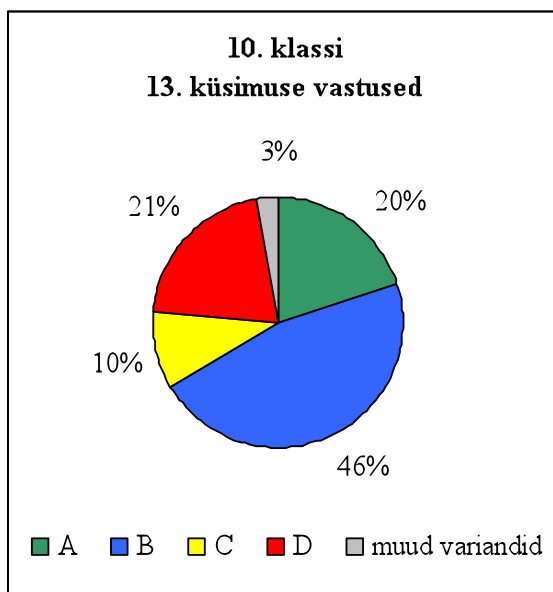
- a) $S + O_2 \rightarrow SO_2$.
- b) $S + H_2 \rightarrow H_2S$.
- c) $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S$.
- d) $H_2SO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + H_2$.



Kui eelmises küsimuses pidid õpilased teadma põhimõtet, mis toimub oksüdeerumise käigus, siis selle küsimuse käigus pidid nad ka oma teadmisi konkreetsete reaktsioonivõrrandite puhul rakendama. Sellele küsimusele vastati paremini kui eelmisele, pelgalt teoreetilisele küsimusele. Tulemus polegi väga üllatav, kuna õpilased seostavad väga tihti oksüdeerumist hapnikuga. Õigesti vastas 58% 8. klassi õpilastest, 51% 9. klassi õpilastest, 46% 10. klassi õpilastest ning 51% 11. klassi õpilastest. Nagu ka eelmise küsimuse puhul oli mainitud, kipuvad õpilased oksüdeerumise ja redutseerumise nimetused segamini ajama ning niimoodi juhtus ka 48%-l nii 8. klassi kui ka 10. klassi valesti vastanud õpilasel. Nad pakkusid õigeks vastuseks varianti b). Paljud vastajad ei seosta aga üldse oksüdeerumist-redutseerumist oksüdatsiooniastmete muutumisega, või siis pakutakse vastates lihtsalt huupi. Sellest tulenevalt on 9. klasside ja 11. klasside valede vastuste hulgast levinuim variant c), mille puhul pole üldse tegemist redoksreaktsiooniga. Selliselt arvas 40% 9. klassi ja 43% 11. klassi valesti vastanutest. Tõenäoliselt ei ole redoksreaktsiooni mõiste ikkagi õpilastele kuigivõrd selgeks saanud.

13. küsimus: Elektrolüüs on

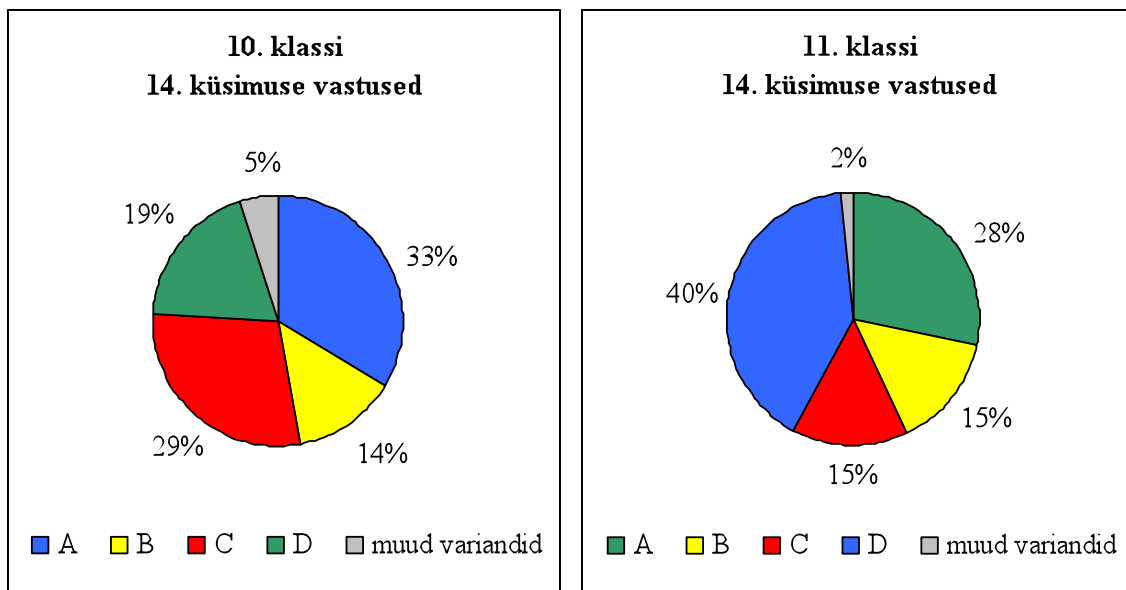
- ioonide hüdraatumine seostumisel vee molekulidega,
- elektrolüüdi jagunemine ionideks elektrivoolu toimel,
- reaktsioon, mille tagajärjel tekib elekter,
- redoksreaktsioon, mis kulgeb elektrivoolu toimel.



Nii see kui ka kaks järgmist küsimust esitati vaid gümnaasiumiõpilastele. Küsimus oli väga halvasti vastatud; 21% 10. klassi õpilastest ning vaid 15% 11. klassi õpilastest vastas õigesti. Valedest vastustest oli levinuim, et elektrolüüs on elektrolüüdi jagunemine ionideks elektrivoolu toimel. See variant moodustas 10. klassis 59% ning 11. klassis 48% valedest vastustest. Õpetajate küsitlusest selgus, et paljud õpetajadki arvavad, et teema on õpilastele väga raske ning ununeb pärast õpitut kiiresti. Seda kinnitab ka fakt, et 11. klassis, kus teemaga enam ei tegeleta, seda enam ei mäletata. Ilmselt on vaja sellele teemale rohkem tähelepanu pöörata ja seda paremini kinnistada.

14. küsimus: Nõrgad elektrolüüdid esinevad lahuses

- ainult ionidena,
- ainult molekulidena,
- nii molekulide kui ka ionidena.
- nõrkade ionidena.



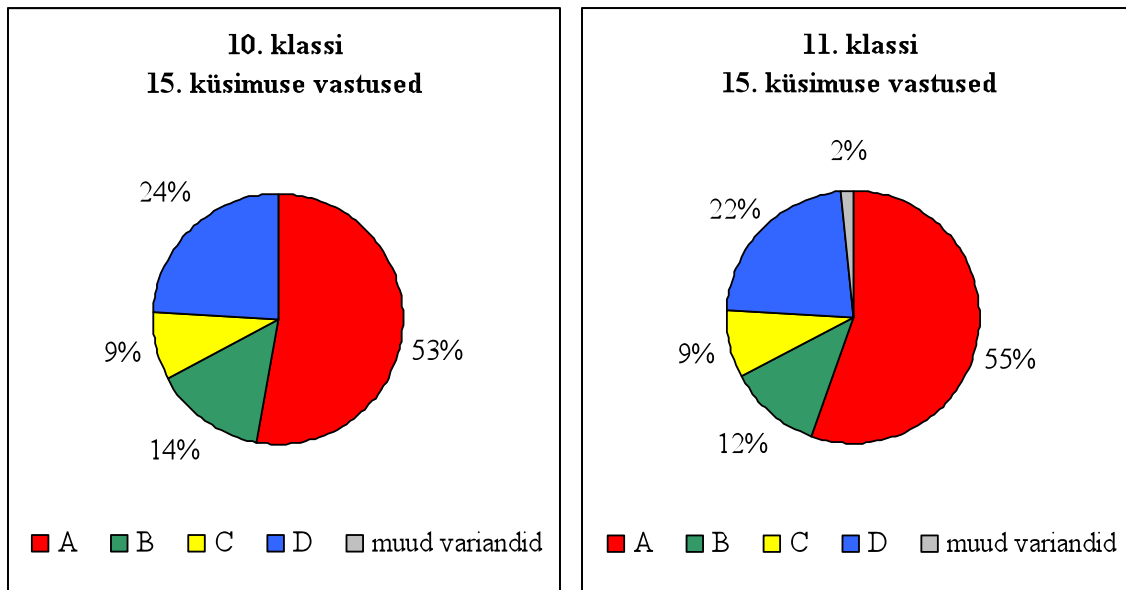
Ka see küsimus oli väga halvasti vastatud. 10. klassi õpilastest vastas õigesti 29% ning 11. klassi õpilastest 15%. 11. klassi tulemus oli eriti nõrk, mis näitab, et antud teema kas ununeb väga kiiresti või ei saadagi seda 10. klassis selgeks. 10. klassi õpilaste levinuim vale vastus (47% valedest vastustest) oli, et nõrgad elektrolüüdid esinevad lahuses ainult ionidena, s.t aeti segamini tugevate elektrolüütidega. 11. klassi õpilaste levinuim vale vastus oli, et nõrgad elektrolüüdid esinevad lahuses nõrkade ionidena. Nii

arvas 47% 11. klassi valesti vastanud õpilastest. Selline vastusevariant pakuti ilmselt toetudes samale sõnale (nõrgad) nii küsimuses kui ka vastusevariandis. Ka selle küsimuse juures tuleb taaskord tõdeda, et 11. klassil on eelnevalt õpitu meelest läinud.

15. küsimus: Nõrgad elektrolüüdid on

- a) nõrgad happed ja alused.
- b) kõik happed ja alused,
- c) soolad,
- d) vees vähelahustuvad ained.

Too näide nõrga elektrolüüdi kohta:



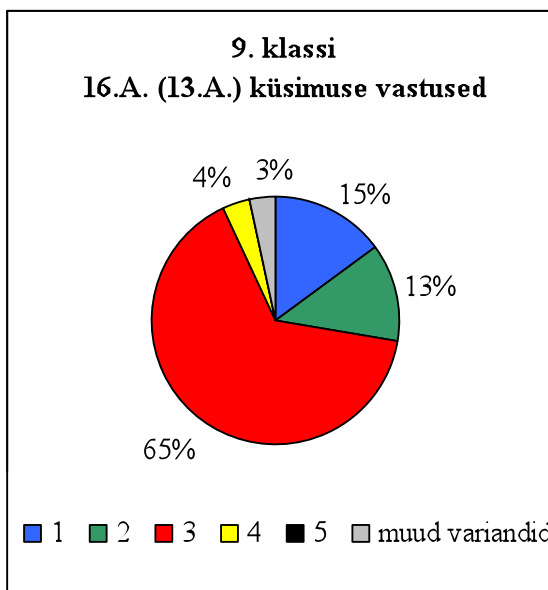
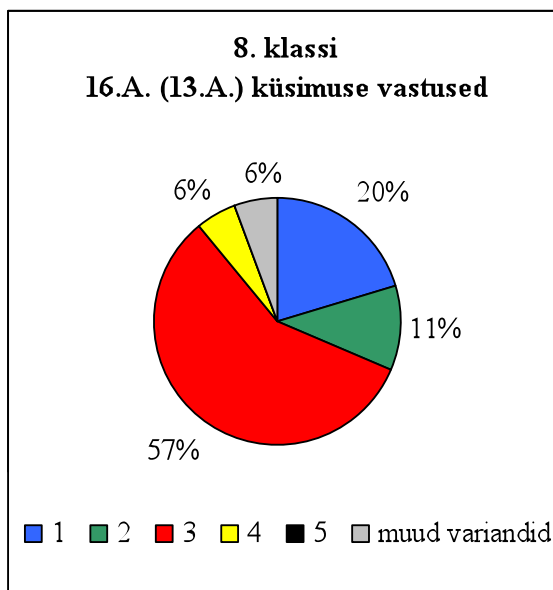
Küsimusele vastas õige variandiga 53% 10. klassi õpilastest ning 55% 11. klassi õpilastest. Võib oletada, et paljud õpilased pakkusid õige vastuse ilma sisulise süvenemiseta vaid seetõttu, et selles kordus küsimuses esinenud sõna „nõrgad“. Näiteid oli aga toodud õige kasinalt. Mõlemas klassis oli vale vastusena kõige enam pakutud, et nõrgad elektrolüüdid on vees vähelahustuvad ained (27% valedest vastustest 10. klassis ning 50% 11. klassis). Küsimus haakub eelneva küsimusega, neist mõlemast on näha, et teema on omandatud väga halvasti. Kuna ei teatud mõistetki, siis ei osatud ka näidet tuua.

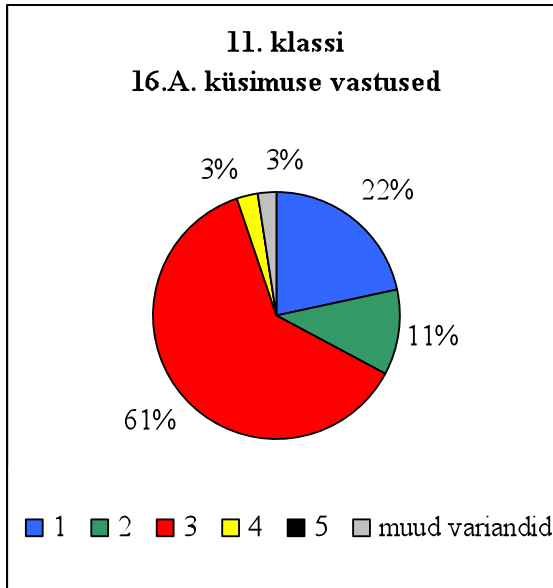
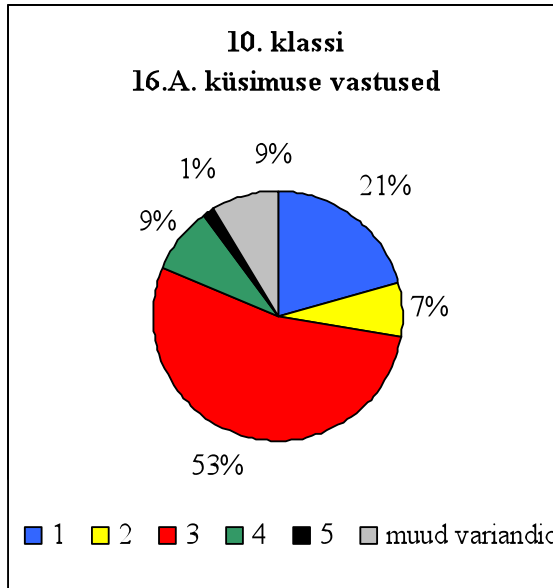
16. (põhikooli 13.) küsimus: Milline alltoodud skeem kirjeldab kõige paremini (märgi õige joonise number)

- a) aatomit? (3)
 b) ioonkristalli? (4)
 c) molekuli? (2)



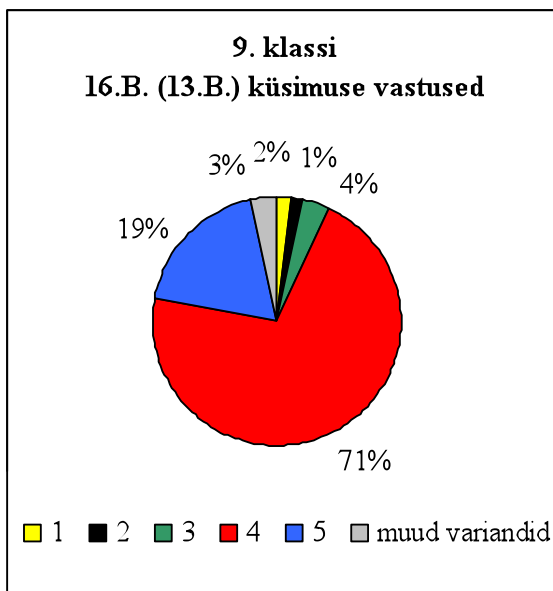
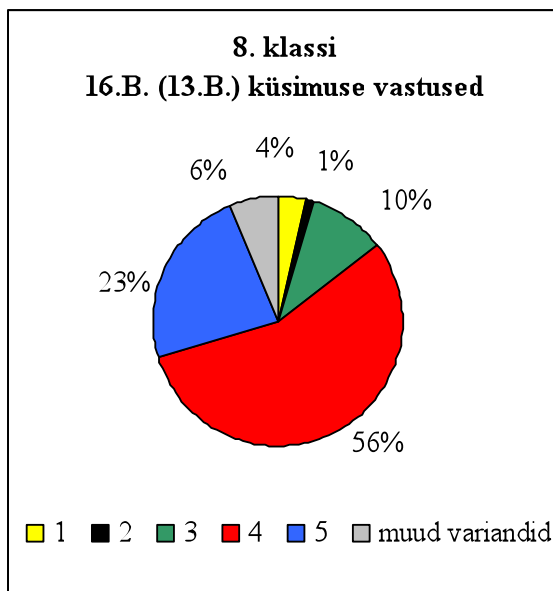
Küsimus oli inspireeritud faktist, et õpilased ei tee vahet aatomitel ja molekulidel. Küsimuse vastusevariantide koostamisel arvestati õpilaste vastuseid esimeses uuringus kasutatud küsimusele, kus paluti õpilastel joonistada nii aatomit kui ka molekuli. Kõige täpsema aatomimudeli (number 3.) tundis ära 57% 8. klassi õpilastest, 65% 9. klassi õpilastest, 53% 10. klassi õpilastest ning 61% 11. klassi õpilastest. Levinuim vale vastus oli kõikidel klassidel esimene joonis, mida küll saaks lugeda lihtsustatud aatomimudeliks, ent kuna oli selgelt küsitud kõige täpsemat joonist, siis ei loetud seda õigeks vastuseks.

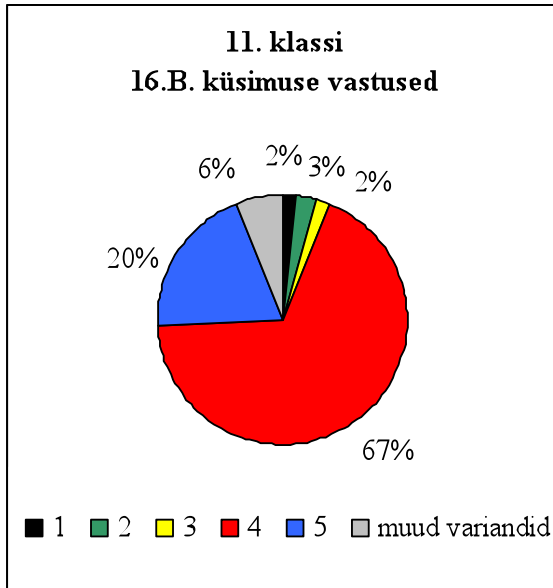
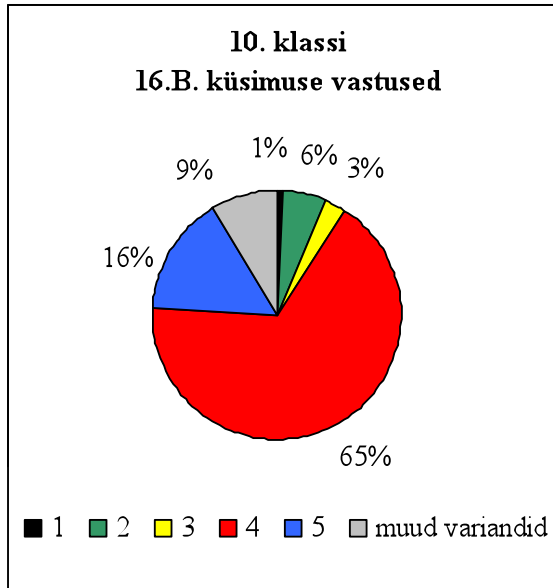




Sellisel vastas 48% valesti vastanutest 8. klassis, 43% 9. klassis, 45% 10. klassis ning 57% 11. klassis. Järgmisena pakuti põhikooli osas valedest vastustest joonist number 2. seega aeti omavahel segamini aatom ja molekul.

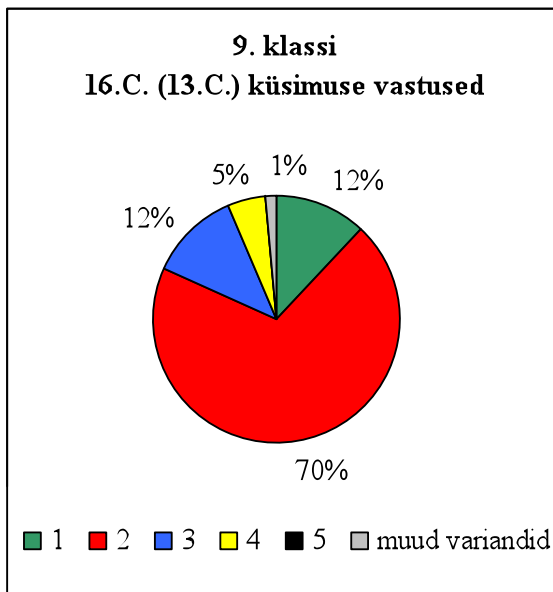
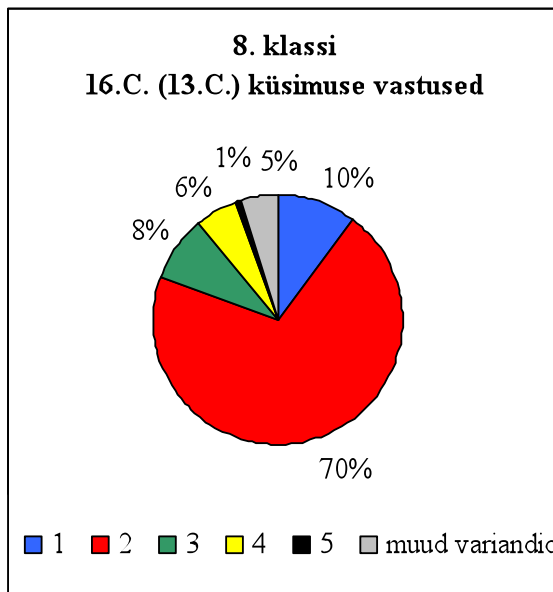
Ioonkristalli tundsid joonistelt ära 56% 8. klassi õpilastest, 71% 9. klassi õpilastest, 65% 10. klassi õpilastest ning 67% 11. klassi õpilastest.

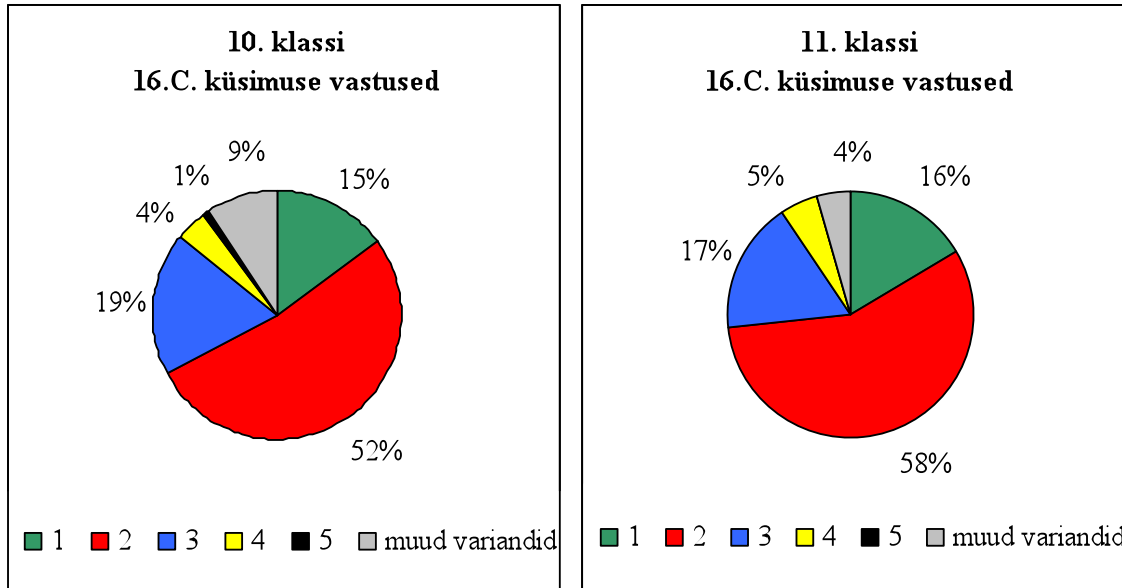




Valedest vastustest domineeris siin joonis number 5., mida pakkus õigeks vastuseks 52% 8. klassi valesti vastanud õpilastest, 65% 9. klassi õpilastest, 47% 10. klassi õpilastest ning 62% 11. klassi õpilastest. Ilmselt pakuti seda varianti sageli seetõttu, et kujund seostus visuaalselt (makro)kristalliga.

Molekuli tundis joonistelt ära põhikooli mõlemas klassis 70% õpilastest, 52% 10. klassi õpilastest ning 58% 11. klassi õpilastest.





Jällegi aeti segamini molekul ja aatom. 34% 8. klassi valesti vastanutest arvas, et õige joonis võiks olla joonis number 1. ning 28% arvas, et õige võiks olla joonis number 3. 9. klasside õpilased osutasid võrdselt (39% valedest vastustest) nii esimesele kui ka kolmandale joonisele. 39% 10. klassi valesti vastanutest ning 40% 11. klassi valesti vastanutest arvas, et õige joonis võiks olla joonis number 3.

Teise uuringu tulemuste põhjal saab järeldada, et nii põhikooli kui ka gümnaasiumi õpilastel esineb füüsikaga enamseotud mõistete korral olulisi väärarusaamu, mis takistavad järgmiste teemade sisulist omandamist. Üks kõige tugevamalt esinenud väärarusaam oli näiteks see, et õpilaste arvates esineb metalliline side metalliliste elementide ühendites. Igas klassis valis üle poole õpilastest kõikidest vastanutest vastava variandi. On väärarusaamu, mis vähenevad või muutuvad õpilaste abstraktse mõtlemisvõime arenedes ning on ka väärarusaamu, mis on küllaltki püsivad ning mille asendamiseks tõeliste arusaamadega on vaja väga põhjalikult tegeleda. Ühe püsiva väärarusaama näitena võib tuua, et igas klassis umbes viiendik küsitletud õpilastest arvab molekuli koosnevat prootonitest ja neutronitest. Paljuski võib olla õpilaste väärarusaamade tekke põhjus selles, et erinevates ainetes omandatud teadmisi ei seostata ühtseks tervikuk. Seega tuleb õpetamisel väga suurt tähelepanu pöörata nii väärarusaamade avastamisele kui ka nende vähendamisele.

4.4. Õpetajate küsitluse tulemused ja arutelu

Õpetajate küsimustikule vastas 18 loodusteaduslike ainete õpetajat. Küsitlus viidi läbi kahes osas. Esialguses küsitluses osales 9 õpetajat Jüri Gümnaasiumist, Kanepi Gümnaasiumist, Sillaotsa Põhikoolist, Tartu Descartes'i Lütseumist ja Tartu Forseliuse Gümnaasiumist. Õpetajad vastasid mõnele üldisemale õppeainete integreerimist puudutavale küsimusele. Nende õpetajate keskmine staaž oli 12 aastat, seejuures kõige vähem oldi õpetatud aasta, kõige rohkem 30 aastat.

Õpetajate arvamuste täpsemaks väljaselgitamiseks viidi läbi põhjalikum uuring. Selles küsitluses osales 9 õpetajat Puurmani Gümnaasiumist, Põlva Ühisgümnaasiumist, Tartu Katoliku koolist, Tartu Kivilinna Gümnaasiumist, Tartu Kunstigümnaasiumist, Valga Põhikoolist, Varstu Keskkoolist ja Valga Põhikoolist. Teine grupp õpetajaid vastas pikemale küsimustikule, kus lisaks uuriti ka õpetajate tähelepanekuid õpilaste väärarusaamade kohta. Keskmine õpetajate staaž oli 17 aastat, seejuures kõige vähem oldi õpetatud kolm ja pool aastat, kõige rohkem 25 aastat. Õpetajate õpetatavad õppeained kooliastmeti ning pedagoogiline staaž on toodud alljäärnevas tabelis.

	õpetab keemiat	õpetab füüsikat	muud õppeained, mida õpetab	õpetab põhikoolis(PK)/gümnaasiumis(G)	pedagoogiline staaž (aastates)
1.	+	-	-	PK + G	28
2.	+	-	-	PK + G	30
3.	+	-	Loodusõpetus	PK + G	16
4.	+	-	Loodusõpetus	PK + G	11
5.	+	+	loodusõpetus, bioloogia, geograafia	PK	2
6.	-	+	Loodusõpetus	PK + G	16
7.	-	+	Arvutiõpetus	PK + G	4
8.	-	+	-	PK	1
9.	-	+	-	PK + G	1,5
10.	+	-	-	PK + G	3,5
11.	+	-	-	PK + G	17
12.	+	-	Loodusõpetus	PK + G	24
13.	+	-	Loodusõpetus	PK + G	25
14.	+	-	bioloogia, geograafia	PK + G	7
15.	+	+	loodusõpetus, bioloogia, geograafia	PK	20
16.	+	+	loodusõpetus, inimeseõpetus	PK + G	16
17.	+	+	Geograafia	PK	15
18.	-	+	loodusõpetus, geograafia	PK + G	22

Järgnevalt vaatleme lähemalt õpetajate vastuseid esitatud küsimustikule. Õpetajate küsimustikud on toodud Lisas 6.

Küsimus: Milline on Teie ettekujutus õppeainete lõimimisest?

Eelkõige mõisteti õppeainete lõimimist välise protsessina. Leiti, et õppeainete lõimimine on väga oluline ja seda peaks alustama juba õppekavade koostamisel. Soovitati, et füüsikud ja keemikud peaksid ühiselt töögrupi moodustama, leidma õppeainete ühisosad ning see ühisosa peaks jõudma ka õpikutesse. Õppeainete lõimimisena nähti ka koostööd aineõpetajate vahel. Oli arvamus, et teatud teemasid ei ole mõtet erinevates õppeainetes mitmeid kordi õpetada ning õpetajatega kokkuleppel on võimalik mõned ühised teemad ära jagada. Päris ühiseid teemasid erinevates õppeainetes ei ole ning kui just mõlemaid õppeaineid ei anna üks ja seesama õpetaja, siis tõenäoliselt ei ole selline tegevus kuigi arukas. Tõenäoliselt õpetaks õpetaja teemat ikkagi enda õppeaine seisukohalt lähtudes ning nii jääksid õpilastel teadmised vastava teema kohta teise nurga alt omandamata. Arvamus leiti, et õppeained peaksid üksteist täiendama. Eeldati ka, et õpetaja on kursis, mida õpetatakse teistes lähedastes ainetes, nt loodusainetes, ning oskab sellest tulenevalt luua seoseid erinevates õppeainetes. Avaldati ka seisukohta, et mida rohkem aineid leiab õpetaja võimalust lõimida, seda parem. Õpetajad, kes andsid lisaks keemiale veel ka teisi loodusaineid, nägid lõimimises olulisena nende endi panust. Lõimitakse võimaluse piires ja õppekava raames, ühe aine tunnis tuuakse näiteid teises aines õpitust, sest teatakse täpselt mida ja millal õpetatakse. Üks õpetaja töö välja ka mitme aine õpetajate koolitamise vajalikkuse. Vaid üks küsitletud õpetaja nägi õppeainete lõimimisena õpilaste endi võimelisust leida seoseid ainete vahel ehk sisemist integratsiooni.

Küsimus: Kas Teie arvates peaks füüsika ja keemia õpetamine olema omavahel rohkem lõimitud? Põhjendage oma vastust.

Küsimus esitati kõigile 18.-le õpetajale. Enamus õpetajatest vastas, et füüsika ja keemia õpetamine peaks olema rohkem lõimitud. Ideaalis nähti, et juba õppekava peaks

olema koostatud nõnda, et saaks nt aatomit õpetada füüsikas ja keemias paralleelselt. Õpetajate sõnul õpitakse praegu aatomit keemias 8. klassis, füüsikas 9. klassis, ning aatomi õppimisega alustatakse juba 7. klassi loodusõpetuses. Just aatomiõpetust toodi välja kui võimalikku rohkem lõimimist vajavat teemat. Teemade osas mainiti veel ka aine (lahuse) tihedust ja selle arvutusvalemit, mida õpetajate arvates keemias ei peaks õpetama enne kui füüsikas. Tegelikult õpitakse seda juba 7. klassi loodusõpetuses. Toodi välja ka, et 9. klassi füüsika soojusõpetuse ja aatomi õpetamisel saab toetuda keemias 8. klassis õpitule. Ainete seostamist nähti ka ühiste mõistete kaudu. Soovitati rakendada ühesugused nõudeid ülesannete lahendamise juures, füüsikalistel suurustel peaksid olema ühesugused tähised, nt ainehulga tähis keemias on n ning füüsikas v . Osa õpetajaid pidas lõimimist iseenesest mõistetavaks, sest need ained ju ongi omavahel tihedas seoses. Leiti, et lõimimine on vajalik ümbritseva maailma mõistmiseks. Vaid kaks õpetajat, seejuures õpetajad, kes ise keemiat ei õpeta, arvasid, et ei peaks õppeaineid rohkem omavahel lõimima, neist ühe arvamus oli, et kuna keemias on piisavalt õpetatud aatomiehitust, ioone, siis on temal sealt hea edasi minna füüsikas. Praktilisema poole pealt nägid õpetajad õppeainete lõimimises ka aja kokkuhoidu.

Küsimus: Kuivõrd Te olete püüdnud lõimida nimetatud õppeaineid: Kas Te olete teinud koostööd füüsika (keemia) õpetajaga? Kui olete, siis mil viisil? Kas Te olete muutnud käsitletavate teemade järjekorda, et paremini õppeaineid seostada? Kui olete, siis milliste teemade osas? Kas Te olete õppainete lõimimiseks kasutanud teisi võimalusi? Kui olete, siis milliseid?

Mingil viisil oli koostööd teinud teise aine (kas siis füüsika või keemia) õpetajaga enamik küsitletutest. Õpetajad, kes õpetasid ise nii keemiat kui füüsikat, kinnitasid et nemad lõimivad oma aineid. Eelkõige nähti koostööd selles osas, et oli uuritud, milliseid teemasid, millal ja kui põhjalikult teises aines käsitletakse. Oli arutatud teatud teemade mõisteid, kas ja kuivõrd need kattuvad (nt elektrolüüs). Oli uuritud, milliseid sümboleid teises aines kasutatakse. Koostööd tehti ka sel moel, et uuriti, kui hästi olid õpilased teise aine lähedased teemad omandanud. Toodi õpilastele ka ise näiteid stiilis - „Selle teemaga peaksite te olema tuttavad sellest füüsika osast ...“ jne. Õpetajad arvasid, et õpikutes

peaks protsesside keemilise külje kõrval rohkem näitama ka nende füüsikalisi põhjusi. Ka võiks õpikutes olla viiteid, et vaadeldava probleemiga tegeleb teise nurga alt veel ka mingi teine aine. Vaid üks õpetaja tunnistas, et pole koostööd teinud, kuid võib-olla tulenes see tema pedagoogistaaži vähesusest.

Teemade järjekorda ei oldud valdavalt muudetud. Leiti, et hetkel kehtiv õppekava on piisavalt arvestanud sellega, et liigutakse lihtsamalt keerukamale ning füüsikas saab toetuda keemias õpitule. Kardeti ka, et teemade järjekorra muutmine võib tekitada segadust, eriti veel, kui teemasid käsitletakse erinevates klassides. Väga suureks probleemiks on teemade järjekorra muutmine sel juhul kui õpilane peaks mingil põhjusel vahetama kooli. Üks õpetajatest, kes andis nii füüsikat kui keemiat, oli praktiseerinud järjekorra muutmist tiheduse, ruumala, massi, aatomi ning energiaga seotud teemade osas. Üks õpetaja avaldas, et järjekorda muutnud pole, kuid on osa teemasid vahele jätnud ning õpetanud vastavaid teemasid teise õppeaine tunnis.

Õppeainete lõimimisvõimalust nähti referaatide koostamisel, uurimuslike projektide läbiviimisel, mitmeid aineid hõlmavates esitlustes, praktilistes töodes, suuremates rühmatöodes. Soovitati, et ühte referaati hindavad erinevatest aspektidest erinevate ainete õpetajad, näiteks sisu keemiaõpetaja ja vormistust arvutiõpetaja. Arvati, et füüsikas saab teemasid kergemini tõsta ühest kohast teise, keemias sellist võimalust aga ei nähta. Kaks õpetajat vastas küsimusele eitavalt, kuid ühe õpetaja koolis kavandatakse ainenädalate asemel korraldada järgmisel aastal teemanädalaid, mis võiks aidata kaasa õppeainete lõimimisele.

Küsimus: Millised on Teie arvates probleemid füüsika ja keemia lõimimisel? Kuivõrd on tekitanud probleeme see, et füüsika (keemia) õpetaja pole piisavalt kursis teatud teemadega Teie ainst? Millised on need teemad? Millised teised probleemid on füüsika ja keemia lõimimisel?

. Üldiselt ei olnud see probleemiks olnud, et õpetajad oleksid tunnetanud teise aine õpetaja mittepiisavaid teadmisi oma aine õpetamisel. Keemiaõpetajad leidsid, et füüsikaõpetajad on piisavalt pädevad keemiaga lähedaste teemade suhtes. Kinnitati, et mitmed füüsikaõpetajad on kunagi andnud ka keemiat ning paaril füüsikaõpetajal on

olemas isegi kvalifikatsioon andmaks ka keemiat vähemalt põhikooli osas. Tehti ka koostööd, uuriti vastastikku, kuidas ühte või teist teemat käsitletakse. Üks õpetaja, kes on olude sunnil viimasel kahel aastal lisaks keemia õpetanud ka füüsikat, märkas, et õpilased mõistavad materjali paremini, kui füüsikat ja keemiat õpetab sama õpetaja. Leiti, et põhikoolis on hästilõimitav lähedane teema füüsikas ja keemias aatomi ehitus. Rohkem toodi esile pigem füüsikas käsitletavaid mõisteid, mida keemia kasutab, seejuures toetudes füüsikas õpitule nt energia, aine tihedus ja mass ning ruumala.

Üheks probleemiks tuuakse põhikoolis lähedaste teemade õpetamise erineval ajal. Arvatakse ka, et probleem on hoopis õpilaste arusaamades, nad ei suuda endale teadvustada, et keemias õpitud aatom on sama, mida füüsikas õppida tuleb. Üks õpetaja tõi välja ka sellise näite: „Õpilane väitis, et keemias õpetatu järgi loovutab aatom väliskihilt elektrone, kuid füüsik väitnud, et mingeid kihte aatomis polegi.“ Tahaks loota, et tegemist on siiski õpilase enda arusaamatusega ja oskamatusena lõimida kahes erinevas aines saadud teadmisi tervikuks. Võimalik, et füüsikaõpetaja polnud ka piisavalt juhtinud tähelepanu sellele, et aatomit vaadeldakse füüsikas teise nurga alt kui keemias. Samas tõid õpetajad esile probleemi, et kui õpilastele rääkida ühe aine tunnis mingi teise ainega seonduvat, ei pea õpilased seda aine sisu juurde käivaks. Õpetajad kurtsid ka suure töökoormuse pärast ning leidsid, et seetõttu on vähe aega süveneda teises aines toimuvasse.

Küsimus: Kuivõrd oluliseks Te peate järgmiste, rohkem füüsikaõpetuses kasutatavate mõistete käsitlemist keemia tunnis: aine olek, sulamis- ja keemistemperatuur; aine (lahuse) tihedus; energia; elektrilaeng; isotoobid; molekulidevahelised jõud.

Üks õpetaja leidis, et kõik need mõisted on olulised ja mitmekordne õppimine ei tule kahjuks, pigem kinnistab teises aines õpitut.

Enamik õpetajaid peab aine oleku, sulamis- ja keemistemperatuuri mõistete õpetamist keemias oluliseks. Neid peetakse olulisteks mõisteteks ainete füüsikaliste ja keemiliste omaduste eristamisel. Ka arvatakse, et neid mõisteid peaks teadma, kuna need iseloomustavad aineid. Üks õpetaja avaldas, et kasutab neid mõisteid pidevalt. Vaid üks

õpetaja arvab, et need pole keemia seisukohalt kuigi olulised mõisted ning tutvustab vaid üldiselt.

Enamik õpetajaid peab aine (lahuse) tiheduse mõistet oluliseks. Eriti seetõttu, et seda peab teadma lahendamaks arvutusülesandeid vedeliku ruumalaga. Üks õpetaja arvas, et mõiste ei ole keemias oluline.

Energia mõistet pidas enamik küsitletutest keemias vähemolulisemaks. Vaid üks õpetaja leidis, et mõiste on oluline ekso- ja endotermiliste reaktsioonide käsitlemiseks ning teine õpetaja tõdes, et kasutab mõistet pidevalt. Energia mõiste mitteolulisus õpetajate jaoks näitab, et enamikel õpetajatel puudub aimdus energeetilise lähenemisviisi tähtsusest.

Ka elektrilaengu mõiste ei ole keemiaõpetajate arvates keemias nii oluline. Üks õpetaja põhjendas, et mõistet peab teadma, sest aineosakesed ioonid omavad laengut ja aatomi koostisosad samuti. Üks õpetaja leidis, et mõiste on oluline elektrolüüsi ja keemiliste vooluallikate seisukohalt. Üks õpetaja kasutab aga mõistet pidevalt.

Ka isotoopide mõistet ei peetud keemia seisukohalt eriti oluliseks. Arvatakse, et põhikoolis on isotoopidest liiga raske aru saada ning gümnaasiumis käsitleb seda juba füüsika. Leitakse, et isotoope võiks keemias vaid tutvustada, kuid põhjalikumalt võiks nendega tegeleda füüsika. Nii see praeguste ainekavade järgi tegelikult toimubki.

Molekulidevaheliste jõudude mõiste on keemiaõpetajate arvates väga oluline. Mõistet peetakse oluliseks keemilise sideme teema juures, ainete struktuuri ja omaduste käsitlemisel. Ühe õpetaja sõnul kasutab ta mõistet pidevalt. Vaid üks õpetaja arvas, et mõiste pole kuigi oluline.

Füüsikaõpetajate arvates, kes ise keemiat ei õpeta, on ühised teemad, mille kaudu võiks lõimimine toimuda: aatomiehitus, aine ehitus, aine füüsikalised omadused, füüsikalised nähtused, ionide teke, arvutusülesanded lahustega, keemiliste nähtuste energeetiline põhjendus, elektri- ja soojusjuhtivus, elektrolüüs,.

Küsimus: Kuidas olete seostanud (võiks seostada) järgnevaid teemasid füüsikatundides õpetatavaga: aatomi ehitus; ioonid, iooniline side; metallide elektrijuhtivus; elektrolüütide lahused; elektrolüüs

Kaks õpetajat avaldas imestust, kuidas on üldse võimalik mitte seostada, kuna füüsikas ja keemias on ju aatom üks ja sama. Leiti vaid, et keemias on rõhk rohkem elektronidel. Üks õpetaja kasutab sama arvutis täidetavat töölehte nii füüsikas kui ka keemias. Keemiaõpetajad on uurinud, kuidas käsitlevad seda teemat füüsikaõpetajad. Keemias õpitakse seda teemat varem, seega on seda teemat keeruline füüsikatundidega seostada. Oli ka neid, kes tunnistasid, et pole seda teemat füüsikaga lõiminud ega ole hästi füüsikatunnis õpetatavaga kursis. Paneb imestama, et üks keemiaõpetaja leidis koguni, et aatomi ehitus on puhas füüsikateema. Füüsikaõpetaja, kes ise keemiat ei õpeta, tõi välja, et lausa hädavajalik on seostada aatomiehitust. Teadmata aatomiehitust on võimatu õpetada paljusid teemasid füüsikas (soojujuhtivus, elektri juhtivus, aine ehitus).

Õpetaja, kes õpetab nii keemiat kui füüsikat, oli seisukohal, et ioone ja ioonilist sidet ta füüsikas ei õpetagi, kuid see-eest leiab teema käsitlemist 7. klassi loodusõpetuses. Osa õpetajaid tõdes, et ei olegi seda teemat seostanud füüsikaga ega ole kursis ioonide ja ioonilise sideme osaga füüsikas. Üks õpetaja leidis, et ioonid on olulised vaid elektriõpetuses füüsikas, kuid keemias on see ülioluline teadmine. Füüsikaõpetaja, kes ise keemiat ei õpeta, leidis, et vajalik oleks seostada ioone ja ioonilist sidet ioonide käitumisega vesilahuses.

Seost füüsikaga nähakse elektrivoolu mõistega ning sellega, millised ained juhivad elektrit, millised mitte. Metallide elektri juhtivust selgitatakse mudelite ja skeemide abil, ja on näidatud katseliselt nii keemias kui ka füüsikas. Oluliseks peetakse, et õpilased saaksid aru, et väliskihi elektronid liiguvad metallides suhteliselt vabalt ning see ongi elektri juhtivuse põhjustajaks. Ainekavades tuleb teema füüsikas hiljem sisse, seetõttu on arvamus, et põhjalikum käsitus võiks jääda füüsikaõpetajale ning selleks ajaks peaks ka õpilastel olema rohkem teadmisi. Üks õpetaja tunnistas, et pole antud teemaga füüsika osas väga hästi kursis.

Elektrolüütide lahuseid seostatakse füüsikas elektriõpetusega. Seostatakse nii elektrivoolu mõistega kui ka sellega, millised ained juhivad elektrit ja millised aineid ei juhi. Rõhutatakse, et füüsikas elektri õppimise juures on oluline meelde tuletada ioonide tekkimist. Üks õpetaja ei seostagi teemat füüsikaga, leiab, et see on vaid keemiatunni pärusmaa ja üks ei teadnudki, et füüsikas seda teemat käsitletakse.

Keemiaõpetajad seostavad elektrolüüsi elektriõpetusega. Nad arvavad, et elektrolüüsi toimimise mehhanism võiks selgeks saada keemias, kuid rakendused võiks füüsikas üle korrata, vastasel juhul on elektrolüüs justkui eraldiseisev nähtus. Pakutakse seostamist ka elektrodide nimetuste kaudu. Kaks õpetajat ei seostagi teemat füüsikaga, kuigi üks neist teadis füüsikaõpetajat selle kohta katseid tegevat, ja üks õpetaja ei teadnudki, et füüsikas seda teemat käsitletakse.

Küsimus: Millised põhilised väärarusaamad on Teie hinnangul õpilastel seoses järgmiste teemadega: aatomiehitus; keemiline side; metallid, metallide elektrijuhtivus; elektrolüütide lahused; redoksreaktsioonid; elektrolüüs

Üks õpetajatest tõi välja, et kõik need mõisted nõuavad head ettekujutamisevõimet, reaalselt näha, katsuda neid objekte ja protsesse ei saa, seega nõuavad mõtlemise kõrgemat: verbaal-loogilist taset, mis võib jääda saavutamata põhikooli osas. Väga mitme teema kohta arvati, et need on rasked ning ununevad väga kiiresti pärast õppimist. Oli ka arvamus, et väärarusaamu ei saagi vältida, sest see kuidas keegi mõtleb, ei allu õpetaja tahtele.

Arvati, et probleeme on juba mõistete tundmises. Õpetajate sõnul võivad õpilased isegi teada, milline laeng aatomituumal on, kuid missugused osakesed selle annavad, on teadmata. Aetakse segamini aatomi koostisosad, nende laengud, nimetused. Üks tüüpilisemaid väärarusaamu õpilastel seoses aatomiehitusega on, et elektronid on positiivse laenguga. See väärarusaam leidis kinnitust ka õpilaste küsitluste tulemusel. Väga tihti arvavad õpilased, et aatom koosneb molekulidest, ei omata ettekujutust, kumb on suurem, kas aatom või molekul. Ka see probleem tuli välja õpilaste küsitlustest.

Keemilise sideme kohta arvavad õpilased tüüpiliselt, et aatomite või ionide vahel ongi side pulga kujul nagu mudeliski. Ei saada aru kovalentsest sidemest, see jääb abstraktseks, arvatakse, et metalliline side pole keemiline side. Põhikooliõpetajad tunnistavad, et see on lastele väga raske teema, ühe õpetaja sõnul vaid 20% 9. klassi õpilastest saab selle selgeks. Teine põhikooliõpetaja ei pea oluliseks täpsustada keemilise sideme eritüpe, peaasi, et õpilane teaks seda, et elektronid liiguvad ja moodustavad keemilisi sidemeid.

Metallide kohta arvatakse, et nendes on molekulid, mis elektrit juhivad. Metallide aatomid liiguvad elektrijõul. Ei tunta piisavalt metalle, nt arvatakse et ka He on metall. Kui aga vaadata õpilaste küsimustike tulemusi, siis metallilise sideme näitena pakuti eelkõige metalle, mis näitab, et tegelikult oskavad õpilased eristada metalle. Ei mõelda, et elektrijuhtmed on tehtud metallist, ei teata, mis põhjustab elektrijuhtivust. Kaks õpetajat leidis aga, et metallide elektrijuhtivuse teemaga väga probleeme polegi. Ka õpilaste küsimustike põhjal võib öelda, et kõige paremini vastati küsimusele, kus uuriti miks metalle kasutatakse elektrijuhtmete materjalina.

Ka elektrolüüdi mõiste on õpilaste jaoks raskesti arusaadav. Sellest tulenevalt ei oska õpilased eristada elektrolüüte ja mitteelektrolüüte, need aetakse segamini metallidega, mis juhivad elektrit. Raskesti lahustuvad ained pole elektrolüüdid, kuna ioonses võrrandis neid ju ei kirjutata ioonsel kujul. Põhiline väärarusaam on, et elektrolüüdid lagunevad ionideks elektrivoolu toimetel.

Õpetajate sõnul tuntakse ära, et tegemist on redoksreaktsiooniga, kuid vahetatakse ära redutseerija ja oksüdeerija. Õpilaste küsitlustest ilmnes aga, et väga paljudel juhtudel ei tunta ära ka redoksreaktsiooni ennast. Oksüdeerija ja redutseerija tunneb ära õpetajate arvates umbes 20% põhikooli õpilastest. Terminid redutseerija, redutseerumine jne lähevad segamini. Raskused elektronide liitmise ja loovutamise, sest elektronid on negatiivse laenguga. See väide leidis taas kinnitust õpilaste küsimustike põhjal. Ei tehta vahet oksüdatsioonistmel ja laengul. Ei teata, et lihtaine oksüdatsioonist on null. Ka see tuli välja küsimustike tulemustest. Ei osata arvutada oksüdatsioonist, et selle muutudes hinnata, kas on tegemist redoksreaktsiooniga.

Elektrolüüsi teema on ka õpilastele väga raske. Õpilastel on raskusi määrata, mis on anood ja katood, milline on nende laeng ja elektroodidel kulgevad poolreaktsioonid. Vajab kinnistumist millised osakesed kust kuhu liiguvad. Küsimused elektrolüüsi kohta olid ka küsimustikus väga nõrgalt vastatud.

Füüsikaõpetaja on täheldanud, et õpilastel on segadus prootonite, neutronite, elektronide laengute ning paigutusega. Näiteks õpilaste arvates loovutab aatom prootoneid, prootonid liiguvad kristallivõres jne. Tema arvates jääb vahel mulje, et õpilastel ei ole kõik lõpuni läbi mõeldud ning seetõttu ei saa nad aru, mis liigub, kuhu liigub ning miks liigub.

Kas õppeainete suurem lõimimine aitaks vähendada õpilastel väärarusaamade teket?

Kõik õpetajad, kes õpetavad keemiat, arvasid, et kindlasti aitab suurem õppeainete lõimimine kaasa õpilaste väärarusaamade vähenemisele. Eriti toodi esile aatomiehituse ja elektrolüüsi teemasid. Üks õpetaja, kes õpetab nii füüsikat kui keemiat, leidis, et kindlasti aitaks õppeainete lõimimine kaasa väärarusaamade vähendamisele, kuid kuna tema ise õpetab mõlemat õppeainet, siis tema lõimib neid aineid praegu juba niigi. Ühe õpetaja arvates aitaks kaasa ka õppeainete vahelise piiri kaotamine ehk nn „science“ õppeaine sisseviimine. Füüsikat õpetav õpetaja arvas ainukesena, et suurem lõimimine ei aitaks vähendada väärarusaamade teket õpilastel.

Õpetajad olid üldiselt seisukohal, et erinevate õppeainete esindajad peaksid tegema oluliselt rohkem koostööd ning eelkõige nähakse seda lähedaste teemade käsitlemise kaudu. On positiivne, et nii mõnedki õpetajad juba pööravad tähelepanu õppeainete lõimimisele. Kuid kahjuks on ka õpetajaid, kes ei teagi, mida õpetatakse teiste aine tundides sama mõiste/nähtuse/protsessi kohta. Mitmed õpetajad tõid välja õpilastel esinevaid tüüpilisi väärarusaamu. Paraku ei ole aga kõik õpetajad kursis õpilastel esinevate väärarusaamade kindlakstegemisega ning nende vähendamise võimalustega.

5. KOKKUVÕTE

Üks üldharidusliku kooli loodusteaduslike õppeainete ülesandeid – kujundada õpilastel terviklikku loodusteaduslikku maailmapilti – ei realiseeru eesmärgikohaselt. Seda eriti valdkondades, mis puudutavad abstraktsemaid mõisteid, sh aine väikseimaid osakesi aatomeid ja molekule. Praeguse õpetusega peavad õpilased omandama terve rea mõisteid, kuid ümbritseva seletamiseks ja mõistmiseks on sellest vähe.

Aatomi mudelist arusaamiseks ja selle rakendamiseks tuleks esiteks omandada mitmed olulised mõisted, struktuurid, seosed, jne, mis kõik nõuavad üsna suurt kujutlusvõimet ja juba väljakujunenud abstraktse mõtlemise võimet.

Käesoleva magistritöö üheks eesmärgiks oli uurida, kuidas on põhikooli õpilased omandanud teadmisi aatomi ehituse kohta (5. – 9. klass) ning kuidas nad on suutnud ühendada erinevates õppeainetes omandatud teadmised üheks tervikuks (8. – 9. klass). Selleks püstitati järgmised uurimisküsimused:

- 1) Millised on põhikooli õpilaste teadmised aatomi ehitusest ja kuivõrd täiustuvad õpilaste teadmised ning nende rakendamisoskus vanemates klassides?
- 2) Kuivõrd olenevad põhikooli õpilaste vastused samadele küsimustele sellest, kas vastatud on füüsika või keemia tunnis, ning kuidas õpilased lõimivad füüsikas ja keemias omandatud teadmisi?
- 3) Millised on õpetajate arvamused integratsioonivõimalustest füüsika- ja keemiaõpetuses?

Uurimisküsimustele leiti vastuseid nii õpilastele kui õpetajatele esitatud küsimustike abil.

Piaget' arengu staadiumite järgi on laps võimeline optimaalselt opereerima abstraktsemal tasemel alles umbes 15-aastaselt, s.t alles 8. – 9. klassis on õpilased

võimelised kasutama oma mõtetes kujuteldavaid mudelitepõhiseid mõisteid. Seda seisukohta kinnitavad ka küsitlused, mis uurisid 5. – 9. klassi õpilaste ettekujutust aatomist kui mikroosakesest, millest kõik ained koosnevad ning tema seosest übritsevaga. Tulemused kinnitavad oletust, et laste mõtteis on fakt aatomite olemasolust, nende ehitusest, kuid seda vaid kui omaette seisev üksikteadmine. Kui paluda õplasel seostada aatomit teiste õpitud mõistetega, on vastused üsna puudulikud.

Küsitluse põhjal tuli üsna selgelt välja, et paremad tulemused saavutasid 9. klasside õpilased. Kuid näiteks selgus uuringust, et aatomi mudelit joonistas õigesti 5. ja 7. klassi õpilastest suurem hulk vastanuid kui 8. – 9. klassi õpilastest. Nooremates klassides joonistati lihtsamaid mudeleid ning tehti seda üsna edukalt, vanemates klassides püüti teha keerulisemaid jooniseid, ent jäädi nendega hätta. Seevastu jooniste selgitamisega said vanemad klassid paremini hakkama. Üheks oluliseks põhjuseks on kindlasti see, et selles vanuses on õpilaste abstraktse mõtlemise võime kasvanud ning nad omavad juba oluliselt paremat ettekujutust antud teema kohta.

Uuringust selgus, et erinevates õppeainetes antakse samadele küsimustele aatomi kohta erinevad vastused. Ilmnes, et enamikule küsimustele vastati keemias märksa paremini kui füüsikas, mis võis tuleneda sellest, et küsimused olid rohkem seotud keemia kui füüsika aatomimudeliga ja seostusid rohkem keemiatundides õpituga. Kui õpilaste õpetamisel ei viida erinevaid vaatenurki kokku, ei ole lastel ka võimalik aatomi mõistet rakendada reaalsete nähtuste seletamiseks. Ka õpetajate küsitlusest tuli välja arvamus, et erinevate õppeainete esindajad peaksid tegema oluliselt rohkem koostööd ning eelkõige nähakse seda lähedaste teemade käsitlemise kaudu. Kuid on ka õpetajaid, kes ei teagi, mida õpetatakse teiste aine tundides sama mõiste/nähtuse/protsessi kohta.

Magistritöö teiseks eesmärgiks oli välja selgitada nii põhikooli kui ka gümnaasiumiõpilaste tüüpilisemad väärarusaamad keemias nende mõistete/nähtuste/protsesside kohta, mis seostuvad füüsikas õpituga. Selleks püstitati järgmised uurimisküsimused:

- 4) Millised on nii põhikooli kui ka gümnaasiumi õpilaste tüüpilisemad väärarusaamad keemias füüsikaga enamseotud mõistete korral?
- 5) Kuidas õpilaste väärarusaamad muutuvad (vähenevad, kinnistuvad või asenduvad uute väärarusaamadega) vanemates klassides ja kuivõrd?

Vastused nendele uurimisküsimustele leiti küsitlustulemuste põhjal, mis koostati õpilastele väärarusaamade väljaselgitamiseks ning küsimustike põhjal, mis koostati õpetajatele uurimaks õpilaste tüüpilisemaid väärarusaamu keemias.

Õpilastel esineb keemias palju väärarusaamu, seda kinnitavad ka küsitluste tulemused. On väärarusaamu, mis vähenevad või muutuvad õpilaste abstraktse mõtlemisvõime arenedes ning on ka väärarusaamu, mis on küllaltki püsivad ning mille asendamiseks tõeliste arusaamadega on vaja väga põhjalikult tegeleda. Paljuski võib olla õpilaste väärarusaamade tekke põhjus selles, et erinevates ainetes omandatud teadmisi ei seostata ühtseks tervikuks. Ka ei ole kahjuks kõik õpetajad kursis õpilastel esinevate väärarusaamade kindlakstegemisega ning nende vähendamise võimalustega.

Kuna õpilaste jaoks on nii aatomi olemus kui ka teised keemias-füüsikas käsitletavat teemad liiga raskelt mõistetavad ja abstraktsed, tuleks aatomi ehituse sügavam käsitlus jätta vanematesse klassidesse (vähemalt põhikooli lõppu). Pole mõtet soodustada nooremates klassides väärarusaamade tekkimist ning hiljem neid proovida suure vaevaga ümber lükata. Nooremates klassides võib alustada aatomite ja molekulide käsitlemist väga lihtsal tasemel, kasutades võimalikult palju jooniseid. Samuti tuleks rohkem integreerida erinevaid õppeaineid, et õpilased saaksid tervikliku maailmapildi. Õpetajad peaksid ennast kurssi viima nii teises aines õpetatavaga kui ka väärarusaamade olemusega. Enne uue teema käsitlemist peaksid õpetajad leidma võimaluse välja selgitada õpilaste eelnevad väärarusaamad selle teema kohta ning püüdma neid siis asendada tõeliste teadmistega.

Britt Reimets

Tartus, 2010

6. KASUTATUD KIRJANDUS

1. Lukason, A. Keemia – populaarne või põlatud õppeaine? *Haridus*. 1998, 4, 40 – 44.
2. Gabel, D. Enhancing Students' Conceptual Understanding of Chemistry through Integrating the Macroscopic, Particle, and Symbolic Representations of Matter. *Chemists' Guide to Effective Teaching*. Pearson Prentice Hall: USA, 2005, 77 – 88.
3. Tosens, T. *Mudeli mõiste põhikooli õpilaste ja loodusteaduste õpetajate teadmistes aatomi ja molekuli näite põhjal*. Diplomitöö. Tartu, 2002.
4. Jõumees, L. *Loodusainete õppekava integratsioonitaotluste analüüs*. Magistritöö. Tartu, 1996.
5. Väari, E.; Kleis, R.; Silvet, J. *Võõrsõnade leksikon*. Valgus: Tallinn, 2006, 443.
6. Olbrei, M. *Abimaterjale ainetevahelise integratsiooni toetamiseks esimeses kooliastmes*. Koolikorralduse magistriprojekt. Tartu, 2005.
7. *ENE 3 kd*. Valgus: Tallinn, 1988, 648.
8. Pärtel, E.; Ööpik, E. Õppeainete integratsioonist. *Eesti Haridusfoorum '98. Hariduse sisu ja kvaliteet. Materjalide kogumik*. Tallinn, 1998, 15 – 17.
9. Savik, A. Hariduse humaniseerimisest, demokrateerimisest, diferentseerimisest loodusainete seisukohalt. *Loodusained üldkoolis I*. Tallinn, 1994, 5 – 18.
10. Brotherus, A.; Hytönen, J.; Krokfors, L. *Esi- ja algõpetuse didaktika*. TPÜ Kirjastus: Tallinn, 2001, 139 – 141.
11. Jõgi, I. Loodusõpetuse, emakeele ja matemaatika integratsioon. *Haridus*. 1998, 4, 50 – 54.
12. *Eesti õigekeelsussõnaraamat ÕS 2006*. Eesti Keele Sihtasutus: Tallinn, 2006.
13. Liiva, M.; Rohtmets, K.; Sulg, A. Ainetevaheliste seoste arvestamine õppetöös. *Haridus*. 1997, 4, 49 – 52.
14. Leet, R. *Füüsika ja keemia integratsioon põhikoolis*. Magistritöö. Tartu, 2007.
15. Solnson, M. Lõppes keskkonnakeemia uurimistöde võistlus. *Õpetajate Leht*. 13.04.2007

16. Lukki, T. *Loodusõpe kui süsteem. Essee loodusteaduslike ainete õpetamise teemadel*. Ilo: Tallinn, 2001.
17. Trahv, K-L. *Nüüdisaegne õpe loodusteaduste seisukohalt*. Magistritöö. TPÜ, 2004.
18. Kuusk, T. Lõimingu võimalusi põhikooli õppekavas. *Lõiming*. Tartu Ülikooli haridusuuringute ja õppekavaarenduse keskus, 2010, 6 – 62.
19. Ehala, M. Lõimingu eesti keele õpetuses. *Lõiming*. Tartu Ülikooli haridusuuringute ja õppekavaarenduse keskus, 2010, 75 – 101.
20. Leuhhin, I. Õppigem õppimist õpetama. *Hardus*. 1996, 2, 33 – 36.
21. Lepmann, L., Liiber, Ü., Pärtel, E. *Tartu Ülikooli õppekava arenduskeskuse projekt. Põhikooli õpilaste loovust ja loodusteaduslike ainete ning matemaatika integratsiooni toetavate aktiivsete õppemeetodite rakendamine üldhariduskooli 7.-9.klassis: Integratsioon matemaatika, geograafia, loodusõpetuse ja kehalise kasvatus vahel 7. klassis. Keha asukoha määramine*. Tartu Ülikool: Tartu, 2001, 2 – 3.
22. Käis, J. *Kooliraamat*. Tartu, 2004.
23. *Valik Johannes Käisi töid. Kodulugu, üldõpetus, loodusõpetus*. Valgus: Tallinn, 1989.
24. Eensaar, T. *Väärarusaamad mehaanikas*. Diplomitöö. Tartu, 2002.
25. Taagepera, M. Mõistelis-loogiliste seoste kujunemine õppimisel ja õpetamisel. *Haridus*. 1999, 3, 20 – 21.
26. Kaarma, K. *Gümnaasiumiõpilaste arusaamad redoksreaktsioonidest ja elektrokeemiast*. Magistritöö keemiahariduse erialal. Tartu, 2006.
27. Krikmann, O.; Susi, J.; Voolaid, H. Eesti õpilaste väärarusaamad kiiruse ja kiirenduse vektorite suundade määramisest. *Õpetajate Leht*. 25.02.2005.
28. Voolaid, H.; Ganina, S. Väärarusaamad füüsikast. *Õpetajate Leht*. 10.03.2006.
29. Voltri, R. *Väärarusaamad kiiruse ja kiirenduse kohta*. Diplomitöö. Tartu, 2005.
30. Ganina, S. ; Voolaid, H. Põhikooliõpilaste füüdkalised väärarusaamad. *Haridus*. 2003, 8, 13 – 14.
31. Kidron, A. *122 õpetamistarkust*. Andras & Mondo: Tallinn, 1999.

32. Science Teaching Reconsidered: A Handbook 4, Misconceptions as Barriers to Understanding Science. *Committee on Undergraduate Science Education*. National Academy Press: Washington, D.C., 1997.
http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=5287
33. Ploomipuu, I. *Aatomi ehituse ja keemilise sideme teema ning selle omandatus põhikooli ja gümnaasiumi keemia õpetuses*. Magistritöö keemihariduse erialal. Tartu, 2006.
34. Leppik, P. *Õppimine on tõesti huvitav. Õpiprotsessi mõtestamisest*. Tartu Ülikooli Kirjastus: Tartu, 2006.
35. Kikas, E. Inimmõtlemise võimalused ja piiratus mikromaailma mõtestamisel. *Horisont*. 2003, 2, 40 – 45.
36. Bodner, M. G. Constructivism: A Theory of Knowledge. *Journal Chemical Education*. 1986, 63, 873-879.
37. Schmidt, H.-J.; Volke, D. Shift of Meaning and Students' Alternative Concepts. *International Journal of Science Education*. 2003, 25, 11, 1409-1424.
38. Renner, J. W.; Abraham, M. R.; Grzybowski, E. B.; Marek, E. Understandings and misunderstandings of eight graders of four physics concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*. 1990, 27, 35 – 54.
39. Paju, V. Õpilaste eelkäsitlused loodusnähtustest. *Füüsika õpetamise aktuaalseid küsimusi VII*. Haridustöötajate koolituskeskus: Tallinn, 1994, 69 – 82.
40. Schoultz, J.; Hultman; G. Science Teaching and the School – When Concepts Meet Context. *Journal of Baltic Science Education*. 2004, 2 (6), 22 – 33.
41. Lampiselkä, J. Students' Understanding of the Combustion Phenomena: the Mismatch between Organic and Inorganic Combustion. *Current Research on Mathematics and Science Education*. Helsinki, 2004, 416 – 427.
42. Ahtee, M.; Varjola, I. Students' Understanding of Chemical reactions. *International Journal of Science Education*, 1998, 20, 3, 305 – 316.
43. Demircioglu, G.; Özmen, H.; Ayas, A. Some Concepts Misconceptions Encountered in Chemistry: A Research on Acid and Base. *Educational Sciences: Theory and Practice*. 2004, 4 (1), 77 – 80.

44. Garnett, P. J.; Garnett, P. J.; Hackling, M. W. Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning. *Studies in Science Education*. 1995, 25, 69 – 95.
45. Voolaid, H; Tarkpea, K.; Krikmann, O. Loodusteaduslik mõtlemisviis koolisfüüsikas. *Eesti füüsika seltsi aastaraamat 1999*. Eesti füüsika selts: Tartu, 2000, 99 – 108.
46. Tao, P. K.; Gunstone, R. F. The process of conceptual change in force and motion during computer supported physics instruction. *Journal of science Teaching*. 1999, 36, 859 – 882.
47. Krull, E. *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu Ülikooli Kirjastus: Tartu, 2001, 103 – 134.
48. Voolaid, H.; Ganina, S. Väärarusaamad füüsikast. *Õpetajate Leht*. 10.03.2006.
49. Krikmann, O.; Susi, J.; Voolaid, H. Dependence on usage of Physics misconceptions by year of study among Estonian students. *Current research on Mathematics and Science Education Research*. University of Helsinki: Helsinki, 2004, 391 – 415.
50. Kaarmaa, K. Väärarusaamu keemias. *Haridus*. 2007, 9 – 10, 23 – 24.
51. Vahar, E. *Väärarusaamad seoses veeringega*. Pedagoogiline lõputöö. Tartu, 2000.
52. Birk, J. P.; Kurtz, M. J. Effect of Experience on Retention and Elimination of Misconceptions about Molecular Structure and bonding. *Journal of Chemical Education*. 1999, 76, 124 – 128.

7. SUMMARY

Britt Reimets

Aquisition of concepts most related to physics in the teaching of chemistry in basic school and gymnasium and related misconceptions

One of the main tasks of nature-associated subjects taught in a public school: to shape a wholesome scientific image of the world of the students, is not fulfilled according to the goal, especially in areas concerning abstract concepts including the smallest parts of the matter, the atoms and the molecules. Current teachings furnish the students with numerous concepts, however it does not suffice to be able to explain and understand the world around them. In order to understand and apply the model of the atom one should first acquire knowledge in several substantial concepts, structures, connections etc., all of which require quite an imagination and the already developed ability of abstract thinking.

One of the goals of the current master's thesis was to examine how well the junior highschool students (form 5 to 9) have acquired knowledge about the structure of the atom and how they have been able to unite the knowledge learned in different subjects (form 8 to 9) into a whole. With this aim the following questions were raised:

- 1) What is the knowledge of the basic school students about the structure of the atom and to what extent do their knowledge and the ability to apply it improve in later grades?
- 2) How much do the answers given by the basic school students to the same questions in the classes of physics and chemistry differ and how do the students integrate the knowledge acquired in the classes of physics and chemistry?
- 3) What are the opinions of the teachers about the possibilities of integration of physics and chemistry studies?

The questions were answered with the help of questionnaires handed out to both students and teachers.

According to the stages of development of Piaget a child is capable of optimally operating on an abstract level only by the age of 15, i.e. only in form 8 to 9 the students are capable of putting the perceptual model-based concepts to use in their thoughts. This viewpoint is corroborated by the questionings that examined the comprehension of the students of form 5 to 9 of the atom and its connection to world around it. The results corroborate the hypothesis that in the children's thoughts the fact of the existence and the structure of the atoms is merely independent knowledge. When asked to associate the atom with other acquired concepts the answers were rather insufficient.

As a result of the questioning it appeared clearly that the students of form 9 had the best results. However, it appeared that more students of form 5 and 7 than of form 8 to 9 drew correctly the model of the atom. The younger students drew successfully much simpler models, the older students tried to draw more complicated models but did not succeed. On the other hand, the older students were able to explain better the drawings of the models. Undoubtedly one of the main reasons is that in that age the ability of abstract thinking of a student improved and they already have a substantially better idea of the topic.

As a result of the examination it became evident that the students give different answers to the same questions about the atom in different subjects. It appeared that most of the questions were answered considerably better in the classes of chemistry than in the classes of physics, which could be due to the questions being connected more to the model of the atom discussed in chemistry than the one discussed in physics. If the different points of view are not united when teaching the subject in a class, the children cannot apply the concept of the atom to explain the occurring phenomenons. It appeared from the questioning of the teachers that they consider, too that the representatives of different subjects ought to collaborate more one with the other, first and foremostly in teaching similar concepts. However, there are teachers who do not even know what is taught in other classes about the same concept/phenomenon/process.

Another goal of the current master's thesis was to find out the most common misconceptions of both the basic school students and the gymnasium students in chemistry through the concepts/phenomenons/processes that are also taught in the classes of physics. With this aim the following questions were raised:

- 4) What are the most common misconceptions of both the basic school students and the gymnasium students in chemistry regarding the concepts most related to physics?
- 5) How do the misconceptions of the students change (decrease, fixate or are replaced by new misconceptions) in later grades and to what extent?

The questions were answered with the help of both questionnaires handed out to students with the aim to find out their misconceptions, and questionnaires handed out to teachers with the aim to examine the most common misconceptions of the students in chemistry.

The results of the questioning corroborate the hypothesis that the students have several misconceptions in chemistry. There are misconceptions that decrease or change as the ability of abstract thinking of the student develops, and there are as well misconceptions that are rather persistent and need a lot of work in order to be replaced with real conceptions. To a great extent the cause for the misconceptions of the students may be that the knowledge learned in different subjects is not united into a whole. Also, unfortunately not all of the teachers are acquainted with the determination of misconceptions of the students and the possible abandonment of those.

Taking into account that both the essence of the atom and other topics discussed in the classes of chemistry and physics are too difficult and abstract for the students, the more complicated study of the atom ought to be put off to later grades (at least to the last years of basic school). It is not worthwhile to create misconceptions in younger students and later try to refute those with a lot of effort. The younger students could start to study the atoms and molecules on a simple level with the help of as many drawings as possible.

Also, different subjects should be integrated for the students to have a wholesome idea of the world. The teachers should familiarise themselves with the topics taught in other classes and with the essence of the misconceptions. Before starting to discuss a new topic the teachers ought to seek an opportunity to find out the students' existing misconceptions concerning that topic and try to then replace those with real conceptions.

Britt Reimets

Tartu, 2010

8. LISAD

Lisa 1. Esimese uuringu 5. – 6. klassi küsimustik

Millest koosneb vesi?

Millest koosneb molekul?

Kui me jagame veetilga pooleks, saame 2 tilka. Neid omakorda pooleks jagades saame 4 tilka. Jne. Kas nii võib tilka jagada lõputult?

Joonista lehe teisele poolele:

- a) aatomi mudel
- b) molekuli mudel

Mille põhjal sa enamasti küsimustele vastasid?

- a) pakkusid umbes
- b) mäletasid õpitu põhjal
- c) tundus olevat õige vastus
- d) tuletasid loogiliselt
- e) muu:

Lisa 2. Esimese uuringu 7. klassi küsimustik

Joonista lehe teisele poolele:

- a) aatomi mudel ja selgita, mida sa joonisel kujutasid
- b) molekuli mudel

Millest koosneb molekul?

Milline on seos aine tiheduse ja aatomite paigutuse vahel?

Mis juhtuks kui aatomituumal kaoks positiivne laeng?

Kui me jagame veetilga pooleks, saame 2 tilka. Neid omakorda pooleks jagades saame 4 tilka. Jne. Kas nii võib tilka jagada lõputult?

Mille põhjal sa enamasti küsimustele vastasid?

- a) pakkusid umbes
- b) mäletasid õpitu põhjal
- c) tundus olevat õige vastus
- d) tuletasid loogiliselt
- e) muu:

Lisa 3. Esimese uuringu 8. – 9. klassi küsimustik

Joonista aatomi mudel

Selgita, mida sa joonisel kujutasid:

Joonista molekuli mudel

Millest koosneb molekul?

Milline on seos aine tiheduse ja aatomite paigutuse vahel?

Mis juhtuks kui aatomituumal kaoks positiivne laeng?

Mis tingib sama rühma elementide sarnased omadused?

Selgita, kuidas tekib aatomist positiivne ioon ja kuidas negatiivne ioon?

Kui me ühendame laetud metallkera neutraalse metallkeraga, jaotub mõlemale kerale pool esialgsest laengust. Kui üks kera maandada ja seejärel kerad uuesti ühendada, jaotub mõlemale kerale neljandik esialgsest laengust. Jne. Kas nii võib laengut jagada lõputult?

Mille põhjal sa enamasti küsimustele vastasid?

- a) pakkusid umbes
- b) mäletasid õpitu põhjal
- c) tundus olevat õige vastus
- d) tuletasid loogiliselt
- e) muu:

Lisa 4. Teise uuringu põhikooli küsimustik

Vali välja üks (kõige) õige(m) vastus ning tõmba variandi tähele ring ümber.

1. Aatom koosneb

- a) ioonidest.
- b) molekulidest.
- c) tuumast ja elektronidest.
- d) prootonitest ja elektronidest.

2. Positiivse laenguga aatomituum koosneb

- a) ainult positiivsetest prootonitest.
- b) positiivsetest prootonitest ja neutraalsetest neutronitest.
- c) positiivsetest prootonitest ja negatiivsetest elektronidest.
- d) positiivsetest prootonitest ja negatiivsetest neutronitest.

3. Sama rühma elementide sarnased omadused on tingitud ühesugusest

- a) aatommassist.
- b) tuumalaengust.
- c) elektronkihtide arvust.
- d) väliskihi elektronide arvust.

4. Elemendi oksüdatsiooniaste lihtaines on võrdne

- a) nulliga.
- b) tuumalaenguga.
- c) perioodi numbriga.
- d) rühma numbriga.

5. Molekul koosneb

- a) aatomitest.
- b) prootonitest ja neutronitest.
- c) tuumast ning elektronidest.
- d) erinevatest ainetest.

6. Vee keemisel

- a) eraldub vee pinnalt veeaur.
- b) laguneb vesi vesinikuks ja hapnikuks.
- c) katkevad keemilised sidemed vee molekulides.
- d) katkevad vee molekulide vahelised sidemed ja vesi aurustub.

7. Kovalentne side esineb

- a) ainult lihtainetes.
- b) aatomite vahel molekulides.
- c) soolades (ioonide vahel).
- d) kõigis ainetes.

Too näide aine kohta, milles esinevad kovalentsed sidemed:

8. Metalliline side esineb

- a) lihtainetes.
- b) ioonsetes ainetes.
- c) metallides.
- d) metalliliste elementide ühendites.

Too näide aine kohta, milles esinevad metallilised sidemed:

9. Metalle kasutatakse elektrijuhtmete materjalina kuna nad

- a) käituvad redutseerijatena.
- b) on väga vastupidavad ilmastikutingimustele.
- c) on kergesti töödeldavad, plastilised.
- d) on head elektrijuhid nendes esineva metallilise sideme tõttu.

10. Redoksreaktsioonid on reaktsioonid, mille käigus

- a) toimub ainult redutseerumine.
- b) toimuvad korraga nii oksüdeerumine kui ka redutseerumine.
- c) toimub molekulide jagunemine ioonideks.
- d) kõigi elementide oksüdatsiooniastmed kahanevad.

11. Oksüdeerumise käigus elemendi aatom

- a) liidab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste suureneb.
- b) liidab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste väheneb.
- c) loovutab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste suureneb.
- d) loovutab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste väheneb.

12. Element väävel oksüdeerub reaktsioonis:

- a) $S + O_2 \rightarrow SO_2$.
- b) $S + H_2 \rightarrow H_2S$.
- c) $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S$.
- d) $H_2SO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + H_2$.

13. Milline alltoodud skeem kirjeldab kõige paremini (märgi õige joonise number)

- a) aatomit?
- b) ioonkristalli?
- c) molekuli?



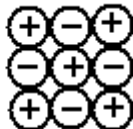
1.



2.



3.



4.



5.

Lisa 5. Teise uuringu gümnaasiumi küsimustik

Vali välja üks (kõige) õige(m) vastus ning tõmba variandi tähele ring ümber.

1. Aatom koosneb

- a) ioonidest.
- b) molekulidest.
- c) tuumast ja elektronidest.
- d) prootonitest ja elektronidest.

2. Positiivse laenguga aatomituum koosneb

- a) ainult positiivsetest prootonitest.
- b) positiivsetest prootonitest ja neutraalsetest neutronitest.
- c) positiivsetest prootonitest ja negatiivsetest elektronidest.
- d) positiivsetest prootonitest ja negatiivsetest neutronitest.

3. Sama rühma elementide sarnased omadused on tingitud ühesugusest

- a) aatommassist.
- b) tuumalaengust.
- c) elektronkihtide arvust.
- d) väliskihi elektronide arvust.

4. Elemendi oksüdatsiooniaste lihtaines on võrdne

- a) nulliga.
- b) tuumalaenguga.
- c) perioodi numbriga.
- d) rühma numbriga.

5. Molekul koosneb

- a) aatomitest.
- b) prootonitest ja neutronitest.
- c) tuumast ning elektronidest.
- d) erinevatest ainetest.

6. Vee keemisel

- a) eraldub vee pinnalt veeaur.
- b) laguneb vesi vesinikuks ja hapnikuks.
- c) katkevad keemilised sidemed vee molekulides.
- d) katkevad vee molekulide vahelised sidemed ja vesi aurustub.

7. Kovalentne side esineb

- a) ainult lihtainetes.
- b) aatomite vahel molekulides.
- c) soolades (ioonide vahel).
- d) kõigis ainetes.

Too näide aine kohta, milles esinevad kovalentsed sidemed:

8. Metalliline side esineb

- a) lihtainetes.
- b) ioonsetes ainetes.
- c) metallides.
- d) metalliliste elementide ühendites.

Too näide aine kohta, milles esinevad metallilised sidemed:

9. Metalle kasutatakse elektrijuhtmete materjalina kuna nad

- a) käituvad redutseerijatena.
- b) on väga vastupidavad ilmastikutingimustele.
- c) on kergesti töödeldavad, plastilised.
- d) on head elektrijuhid nendes esineva metallilise sideme tõttu.

10. Redoksreaktsioonid on reaktsioonid, mille käigus

- a) toimub ainult redutseerumine.
- b) toimuvad korraga nii oksüdeerumine kui ka redutseerumine.
- c) toimub molekulide jagunemine ioonideks.
- d) kõigi elementide oksüdatsiooniastmed kahanevad.

11. Oksüdeerumise käigus elemendi aatom

- a) liidab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste suureneb.
- b) liidab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste väheneb.
- c) loovutab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste suureneb.
- d) loovutab elektrone ning tema oksüdatsiooniaste väheneb.

12. Element väävel oksüdeerub reaktsioonis:

- a) $S + O_2 \rightarrow SO_2$.
- b) $S + H_2 \rightarrow H_2S$.
- c) $FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S$.
- d) $H_2SO_4 + Zn \rightarrow ZnSO_4 + H_2$.

13. Elektrolüüs on

- a) ionide hüdraatumine seostumisel vee molekulidega.
- b) elektrolüüdi jagunemine ioonideks elektrivoolu toimel.
- c) reaktsioon, mille tagajärjel tekib elekter.
- d) redoksreaktsioon, mis kulgeb elektrivoolu toimel.

14. Nõrgad elektrolüüdid esinevad lahuses

- a) ainult ioonidena.
- b) ainult molekulidena.
- c) nii molekulide kui ka ioonidena.
- d) nõrkade ioonidena.

15. Nõrgad elektrolüüdid on

- a) nõrgad happed ja alused.
- b) kõik happed ja alused.
- c) soolad.
- d) vees vähelahustuvad ained.

Too näide nõrga elektrolüüdi kohta:

16. Milline alltoodud skeem kirjeldab kõige paremini (märgi õige joonise number)

- a) aatomit?
- b) ioonkristalli?
- c) molekuli?



1.



2.



3.



4.



5.

Lisa 6. Õpetajate küsitluslehed

Esialgne küsitlusvariant

Milliseid õppeaineid te õpetate?

Millistele klassidele?

Kui palju on teil pedagoogilist staaži?

Kas füüsika ja keemia õpetamine peaks olema omavahel rohkem seostatud?

*Eitava vastuse korral põhjendage oma vastust:

*Kui vastasite jaatavalt, siis mida ainete sisust annaks rohkem seostada või õpetada mõlema aine raames ühiselt?

*Kui vastasite jaatavalt, siis kuidas te näete selle korralduslikku poolt?

Põhjalikum küsitlusvariant

Riiklikus Õppekavas eeldatakse õppeainete lõimitud (integreeritud) õpetust.

Käesoleva küsitlusega, püütakse välja selgitada, millised reaalsed sammud on tehtud ning mida plaanitakse teha integreerimaks omavahel eelkõige füüsika ja keemia õpetamist.

Millist (milliseid) õppeainet (õppeaineid) Te õpetate?

Millises kooliastmes (põhikoolis/gümnaasiumis) Te õpetate (olete õpetanud)?

Kui palju on Teil pedagoogilist staaži?

- 1) Milline on Teie ettekujutus õppeainete lõimimisest?
- 2) Kas Teie arvates peaks füüsika ja keemia õpetamine olema omavahel rohkem lõimitud? Põhjendage oma vastust.
- 3) Kuivõrd Te olete püüdnud lõimida nimetatud õppeaineid:
 - a) Kas Te olete teinud koostööd füüsika (keemia) õpetajaga? Kui olete, siis mil viisil?
 - b) Kas Te olete muutnud käsitletavate teemade järjekorda, et paremini õppeaineid seostada? Kui olete, siis milliste teemade osas?
 - c) Kas Te olete õppainete lõimimiseks kasutanud teisi võimalusi? Kui olete, siis milliseid?
- 4) Millised on Teie arvates probleemid füüsika ja keemia lõimimisel?
 - a) Kuivõrd on tekitanud probleeme see, et füüsika (keemia) õpetaja pole piisavalt kursis teatud teemadega Teie aines? Millised on need teemad?
 - b) Millised teised probleemid on füüsika ja keemia lõimisel?
- 5) Kuivõrd oluliseks Te peate järgmiste, rohkem füüsikaõpetuses kasutatavate mõistete käsitlemist keemia tunnis:
 - a) aine olek, sulamis- ja keemistemperatuur
 - b) aine (lahuse) tihedus
 - c) energia
 - d) elektrilaeng

- e) isotoobid
 - f) molekulidevahelised jõud
- 6) Kuidas olete seostanud (võiks seostada) järgnevaid teemasid füüsikatundides (keemiatundides) õpetatavaga:
- a) aatomi ehitus
 - b) ioonid, iooniline side
 - c) metallide elektrijuhtivus
 - d) elektrolüütide lahused
 - e) elektrolüüs
- 7) Millised põhilised väärarusaamad on Teie hinnangul õpilastel seoses järgnevate teemadega:
- a) aatomi ehitus
 - b) keemiline side
 - c) metallid, metallide elektrijuhtivus
 - d) elektrolüütide lahused
 - e) redoksreaktsioonid
 - f) elektrolüüs
- 8) Kas õppeainete suurem lõimimine aitaks vähendada õpilastel väärarusaamade teket?