

Aatomi ehitus kui vundament

Inga Ploomipuu

TÜ magistrant, Tartu Tervishoiu Kõrgkooli vanemassistent

Lembi Tamm

TÜ füüsikalise keemia instituudi dotsent

Jüri Ginter

TÜ pedagoogika osakonna lektor

Tartu koolides tehtud uuring näitas, et keemia õppimisel on põhirõhk meeldejätmisel, ehkki selles aines saab väga palju loogiliselt tuletada.

Põhjendus	Esinemine
Õpitu on meelest läinud/ mälu on halb/ mitte midagi ei ole meeles/ mälu puudub/ ammu õpitud	206
Ei oska/ ei tea (ei oska konkreetset ülesannet)	80
Pole veel õppinud seda teemat	28
Joonised või ülesanne segane	20
Ei oska keemiat/ ei saa keemiast aru/ keemia on raske	17

Tabel 1. Põhikooliosa levinuimad "vabandused" (347 vastanut)

Põhjendus	Esinemine
Õpitu on meelest läinud/ mälu on halb/ mitte midagi ei ole meeles/ mälu puudub/ ammu õpitud	136
Ei oska keemiat/ ei saa keemiast aru/ keemia on raske/ ei saa teemast aru	45
Ei oska/ ei tea (sellist ülesannet ei oska, pole varem lahendanud)	42
Pole veel õppinud seda teemat	13
Ei tea, miks on raske (test)/ lihtsalt on raske	11

Tabel 2. Gümnaasiumiosa levinuimad "vabandused" (273 vastanut)

Tabelis 1 ja 2 on näha õpilaste tüüpilised "vabandused", miks nad ei vastanud uuringu testi küsimustele enda arust piisavalt hästi. Kõige sagedamini mainitakse halba mälu. Alles teiseks märgitakse, et keemia on raske ja sellest aimest ei saa aru.

Kahjuks õpitakse mõneski koolis keemiat nagu alkeemiat – jäetakse meelde üksikfakte ja avastatakse üksikute ainete üksikuid omadusi, terviklikku süsteemi ei tajuta, üksikosadevahelisi seoseid ei nähta. Tagajärg on, et kogu keemia õppimine muutub arusaamatute reaktsioonivõrrandite, ainete üksikute omaduste jms süsteemituks päheõppimiseks, mis muudab keemia vähepopulaarseks (vt käesolev Haridus, lk 11).

Mäletada või tuletada?

Keemia õppimisel aitab süsteemse mõtlemiseni jõuda aatomite ehituse ja keemilise sideme tundmine. Keemilisi elemente on kokku veidi üle saja, nende ühendeid aga miljoneid, mistõttu neid on võimatu pähe õppida – isegi teatmeteostest on raske kõigi kohta andmeid leida. Samas saab süsteemi tundes iga elemendi ja ühendi omadusi loogiliselt tuletada.

Aatomite vahel on kõige levinum keemilise sideme tüüp kovalentne side, mille puhul aatomid jagavad ühiseid elektrone. Kovalentse sidemega seotud aatomid võivad moodustada molekule. Molekulidest koosnevad ained on näiteks hapnik, süsihappegaas, piiritus

(etanol), suhkur (sahharoos), väävel jpt. Molekulidest koosnevad ained on enamasti pehmed, madala sulamis- ja keemistemperatuuriga.

Osa kovalentsete sidemetega ainetest on mittemolekulaarsed, näiteks teemant, kvarts (argielus tunneme seda liiva kujul, aga see võib esineda ka määkristallidena), metallid jt. Mittemolekulaarsed ained on enamasti eriti kõvad ja keemiliselt püsivad, need ei lahustu vees.

Metallides on aatomid omavahel seotud nn metallilise sidemega, mille puhul on elektronidel võimalik kergesti ühe aatomi juurest teise juurde liikuda – põhjus, miks just metalle kasutatakse elektrijuhtmetena ehk elektronide voo ülekandekanalitena.

On aatomeid, mis ei jaga üldse oma elektrone teiste aatomitega. Osa neist püüavad elektrone teistelt aatomitelt üle võtta, teised jälle on valmis oma elektrone teistele aatomitele ära andma. Sel juhul tekivad ioonkristallid, millest tuntumad on keedusool, sooda jt soolad. Need on üsna kõrge sulamistemperatuuriga kõvad kristalsed ained, mis enamasti lahustuvad hästi vees ja vesilahustes juhivad elektrit.

Selliseid seaduspärasusi teades on võimalik vähendada liigset faktiteadmiste omandamist ning kujundada üldisemat arusaama keemiast ja loodusest. Uurijad märgivad, et kahjuks ei kuluta õpetajad/õppejõud piisavalt aega eelnäidatud seoste kujundamisele, mille kõige rängem tagajärg on õpilaste ja

üliõpilaste järjest vähenev huvi keemia vastu (9; 1; 3).

Uuring

Tartu koolides korraldati aastatel 2002–2003 uuring, millega selgitati, kuidas omandavad õpilased kogu keemia mõistmiseks nii olulist teemat, nagu aatomi ehitus ja aatomitevaheliste sidemete tüübid. 2002. aasta põhiuuringus tegi 8. klassis testi 98 õpilast, 9. klassis 145, 10. klassis 118 ja 11. klassis 123 õpilast. 2003. aasta jätku-uuringus tegid samad õpilased testi märtsis, mais ja septembris. Kokku tehti seega samade õpilastega neli testimisvooru, mis võimaldas jälgida teadmiste kujunemise dünaamikat.

Uurijaid huvitasid järgmised küsimused.

■ Milline on aatomi ehituse ja keemilise sideme teema omandatuse tase klasside lõikes?

■ Kuivõrd püsivad on need teadmised? Kas uuritavate testitulemused muutuvad ajas ja millises suunas? Kas 10. klassis tulemused paranevad, kuna teema läbitakse uuesti ja süvendatult?

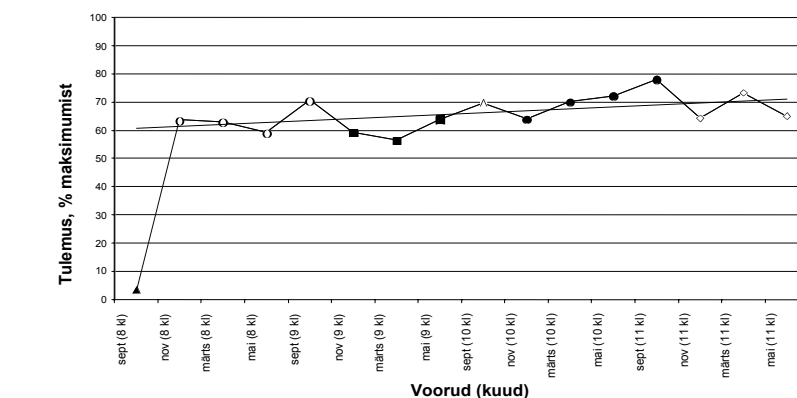
■ Missugused on teemaga seotud tüüpilised väärtusamad ja nende võimalikud põhjused?

Kõigil neljal korral täitsid õpilased üht ja sama testi. Testi täitmiseks anti 20 minutit. Õpilastel oli võimalik kasutada keemiliste elementide perioodilisustabelit. Põhikoolile ja gümnaasiumile koostati erinevad testivariandid, milles mõned küsimused olid siiski sarnased või isegi täpselt samad.

Tulemused

Põhikoolis paranesid õpilaste teadmised keemiast kiiresti. Kui septembris 2002 saavutasid 8. klassi õpilased testiga ainult 26,2% maksimumtulemusest, siis novembris oli tulemus täpselt sama testiga kaks korda parem – 58,2%. Kuna keemiaõpingud algasid 8. klassis, on kiire edasimineku aasta esimesel poolel mõistetav. Märtsis ja mais kõikus 8. klassi keskmine tulemus juba stabiilselt 53% ja 60% vahel.

Gümnaasiumiosas olid tulemused ühtlasemad, kõikides enamasti 50–60% vahel. Kõige parem tulemus saadi 11. klassi märtsis – 65,2%. Seevastu 10. klassi septembri tulemus (56,6%) oli parem novembri omast (51,5%), mis võis olla mõnevõrra juhuslik, arvestades, et 10. klassi 2003. aasta septemb-



Joonis 1. Põhikooli ja gümnaasiumi põhiuuring. Redoksreaktsioonid.

rivooru õpilased ei olnud samad, kes 2002. aasta novembrivoorus.

Mõnevõrra üllatas, et erinevus 10. klassi mai (59,7%) ja 11. klassi septembri (59,4%) vahel ei ole märkimisväärne. Kuigi vahepeale oli jäänud pikk suvi, polnud teadmiste tase oluliselt langenud. 11. klassi tulemused paranesid oluliselt novembrist (56,2%) märtsini (65,2%). Seevastu märtsist (65,2%) maini (58,8%) 11. klassi tulemused langesid.

Üldiselt võib öelda, et nii põhikooli- kui ka gümnaasiumiosas on aatomi ehituse ja keemilise sideme teema omandatud enam-vähem rahuldaval tasemel (50–60%). Põhikoolis püsivad tulemused suhteliselt stabiilsena. Gümnaasiumiosas on aga märgatav langus kevadel, eriti 11. klassis. Üks põhjus võib siin olla see, et paljud õpilased lõpetavad oma keemiaõpingud 11. klassis. Kui nad ei vali keemia riigieksamit ega õpi 12. klassis keemiat valikainena, kaotavad nad suurel määral keemia vastu huvi. Siinkohal võib aga küsida: kas keemiat mäletatakse ja mõistetakse ainult eksami pärast? Järgnevalt mõned konkreetsed näited testi kohta.

Ainete koostis

Põhikoolis tuli vastata küsimusele, kas KBr, H₂S, Ne, F₂, CO₂ ja He kuuluvad ionide, molekulide või üksikaatomite hulka. Gümnaasiumis lisandusid veel Xn, Lil ja CaCl₂.

Põhikoolis paranes õigete vastuste hulk sellele küsimusele kiiresti 39,3%-lt novembris 61,9%-ni mais. Gümnaasiumis olid tulemused püsivalt 62,3% ringis.

Teiseks oli vaja tuua näiteid molekulidest või kristallidest koosnevate ainete kohta. Üllatav, et 8. klassi tulemus oli novembris 44,9%, kuid 9. klassi mai tu-

lemus kõigest 33,3%. Mida rohkem keemiat õpitakse, seda kehvemaks muutuvad tulemused? Ka gümnaasiumis anti sellele küsimusele vähe õigeid vastuseid (22,5% miinimum – 41,9% maksimum), kuid trend oli positiivne.

Põhikoolis olid tüüpilised väärtusamad järgmised: ionkristalset soola (KBr) pakuti molekulaarseks aineks (21,7% juhtudel), mädamunahaisulist väävelvesinikku (H₂S) iooniliseks aineks (21,4%), aktiivset mittemetalli fluori (F₂) üksikaatomiks, ehkki valem viitab üliselgelt kahest aatomist koosnevale molekulile (20,2% juhtudest).

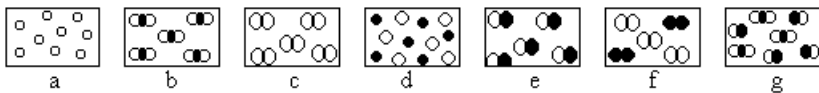
Gümnaasiumiõpilased pakkusid metallidena välja metalliühendeid, näiteks NaOH (seebikivi), NaCl (keedusool) või FeSO₄ (raud(II)sulfaat) (25,8% vastanutest). Õigesti vastas sellele küsimusele kõigis testides kaasa teinud õpilastest vaid 20%.

Tihti pakuti molekulidest koosnevate ainete näideteks ioonilisi aineid, näiteks keedusoola (NaCl). See viga esines 13,2%-l (ehk 68,48% valesti vastanutest). Sellele küsimusele vastas õigesti 46,9%.

Seega oleks nii põhikoolis kui ka gümnaasiumis vaja pöörata rohkem tähelepanu aatomi ehituse ja keemilise sideme probleemidest arusaamisele (ehk nende teemade sisulisele omandamisele), mitte piirduda formaalse äraõpetamise/õppimisega.

Elektronide liitmine/loovutamine

Selle küsimuse puhul tuli täita lünktest: "Fosfori (P) järjenumbr on 15. Keemilise sideme moodustamisel võib fosfori aatom liita endaga kuni ... elektroni või loovutada kuni ... elektroni."



Joonis 2. Missugune skeem kujutab CO_2 molekule, O_2 molekule, He aatomeid, ühe lihtaine aatomeid, kahe lihtaine segu, üksikaatomite segu?

Elektronide liitmist/loovutamist käsitlevatele küsimustele anti 8. klassis septembrist novembrini järjest rohkem õigeid vastuseid. Sealt edasi tulemused eriti ei paranenud, ehkki aatomi ehitust seostatakse perioodilisustabeliga keemiat õppides korduvalt. Suuremat edasiminekut oleks oodanud 10. klassi alguses, sest aatomi ehitust käsitletakse selles klassis süvendatult. Miks tulemus ei paranenud? Kas õpilastel oli illusioon, et "see on juba õpitud" ja nad ei hakanud süvenema? Või on viga õpetamise meetodites? Tüüpiline viga oli selle küsimuse puhul liidetavate ja loovutatavate elektronide äravahetamine, mis näib olevat ülemaailmne probleem (vt lk 28).

Skeemide lugemine

Iga ringike joonisel 2 tähistab üht aatomit (ioone skeemis ei ole). Sama joonise esitati nii põhikooli- kui ka gümnaasiumiõpilastele.

Jooniseid uurides oli vaja ära tunda osakeste ehitust kujutavad skeemid. Küsimus on kergesti vastatav lihtsalt loogikat järgides. Näiteks CO_2 sisaldab ilmselt kolme aatomit, millest kaks on ühesugused (b).

Põhikoolis paranesid tulemused selle joonise lugemisel aja jooksul 30%-lt 60%-ni, gümnaasiumis 70%-ni. Kuna kiire edasiminek toimus juba 8. klassis, siis soovitaks Komenský eeskujul: pakuge õpilastele rohkem mudeleid, skeeme ja muid piltlikke näitmaterjale, sest need on igas eas õpilasele õppimisel toeks.

Kontrolltestid

Et selgitada, kuivõrd mõjutas ühe ja sama testi mitmekordne tegemine tulemusi, viidi testi kolmas voor läbi veel kahe kooli paralleelklassis, mille tase oli õpetajate sõnul varem testitud klasside omaga enam-vähem võrdne.

Põhikooliosas põhiuuringu ja paralleelklasside tulemuste vahel statistiliselt olulist erinevust ei olnud. 8. klassis vastasid paralleelklasside õpilased isegi natuke paremini (vahe 5,5 punkti,

~18%). Gümnaasiumiosas olid korduvalt testitud õpilaste tulemused esmakordselt testitute mõnevõrra paremad – 10. klassis oli keskmise tulemuse erinevus ~7 punkti (~13%) varem testitute kasuks. Erinevus oli statistiliselt oluline. Ka 11. klassis said varem testitud keskmiselt 10 punkti (~18%) enam. Tõepoolest – vähemalt gümnaasiumiosas mõjutab testi mitmekordne tegemine mõnevõrra ka tulemusi.

Samas ei pruukinud kõigi õpilaste motivatsioon testi täitmisel olla väga kõrge (hinnet ju ei saadud). Testi korduval täitmisel võis tekkida ka tüdimus, nii et tegelikud keemiateadmised võivad õpilastel olla paremad kui uuringust nähtub.

Kokkuvõte

Uuring aatomi ehituse ja keemilise sideme teema omandatuse kohta näitas, et keskmine tulemus aja jooksul ei muutunud (kui välja arvata 8. klassi algus). Järelikult on õpilaste teadmised püsivad, kuid teisest küljest – tulemused eriti ei parane, kohati isegi langevad (eriti 11. klassi kevadel). 10. klassis, kus teemat süvendatult käsitletakse, olulist hüppelist tõusu teadmiste paranemise suunas ei toimu. Ebbinghausi unustamiskõverat (4) arvesse võttes, ei ole tulemus siiski halb.

Nende küsimuste korral, mis eeldasid faktide mäletamise asemel loomingulist lähenemist ja seostamisoskust, ilmnes selge tendents tulemuste paranemisele. Võib arvata, et sellised oskused paranevad seoses õpilaste vanemaks saamise ja kognitiivsete võimete arenguga.

Seostamine parandab oluliselt arusaamist ja teema meeldejäämist (2), ilmselt tuleks õpetamisel panna rohkem rõhku teemade omavahelisele seostamisele, tuues võimaluse korral näiteid ka igapäevaelust (vt lk 28).

Ekspertide hinnangul on keemia vägagi hierarhilise struktuuriga ning eelteadmiste vundamendile ehitatav õppeaine (9; 1). Paraku õpivad paljud õpilased keemiat ilmselt süsteemi tajumata.

Ka väärarusaamad kujunevad just vähese süsteemitunnetuse ja puuduliku "vundamendi" tõttu. Uuringud näitavad, et õpetaja roll keemiateadmiste süstematiseerimisel ja väärarusaamade tekke ärahoidmisel on suurem, kui arvata osatakse (8; 6).

Kirjandus

1. Arasasingham, R. D., Taagepera, M., Potter, F., Lonjers, S. Using Knowledge Space Theory to Assess Student Understanding of Stoichiometry, *Journal of Chemical Education*, Vol 81, No. 10, October, 2004. 1517–1523.
2. Bransford J. D., Brown, A. L., Cocking, R. R., ed. *How People Learn. Brain, Mind, Experience and School*. National Academy Press, Washington, 2000.
3. Johnstone, A. H. Teaching of Chemistry – Logical or Psychological, *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, Vol 1, No. 1, 2000. 9–15.
4. Krull, E. *Pedagoogilise psühholoogia käsiraamat*. Tartu, Tartu Ülikooli Kirjastus, 2000.
5. Mikk, J. *Ainetestid. Loengukonspekt TÜ üliõpilastele*, Tartu, 2002.
6. Nicoll, G. A Report of Undergraduates' bonding misconceptions, *International Journal of Science Education*, Vol. 23, No. 7, 2001. 707–730.
7. Põhikooli ja gümnaasiumi riiklik õppekava. Vastu võetud Vabariigi Valitsuse 25.01.2002. a määrusega nr 56 (RT I 2002, 20, 116), jõustunud 1.09.2002
8. Schoultz, J., Hultman, G. Science Teaching and the School – When Concepts Meet Context. *Journal of Baltic Science Education*, No. 2(6), 2004. 22–33.
9. Taagepera, M., Noori, S. Mapping Students' Thinking Patterns in Learning Organic Chemistry by the Use of Knowledge Space Theory. *Journal of Chemical Education*, Vol. 77, September, 2000. 1224–1229.
10. Tamm, L., Tuulmets, A. *Tänapäevasest gümnaasiumi keemiaõpetuses. Loodusainete õpetamisest koolis*, II osa. Tallinn, Argo, 2005.