

Käsitteiden hallinnalla laskujen taitajaksi – ainemäärä ja mooli

Kukka Aho

Kemian opettajankoulutusyksikkö, Helsingin yliopisto • kukka.aho@helsinki.fi

Tiivistelmä Oppilaat osaavat laskea haastavia laskuja konkreettisilla ja tutuilla esimerkeillä, kuten omenoilla tai rahoilla. Samat tai helpommat laskut vierailta käsitteillä osoittautuvat valitettavan usein mahdottomiksi ratkaista. Kemian käsitteiden ymmärtämistä tarvitaan varsinkin soveltamista vaativissa laskutehtävissä. Ainemäärä ja mooli ovat abstrakteja käsitteitä. Ne eivät ole oppilaille tuttuja arkikielestä, minkä lisäksi Avogadron vakion suuruus hämmentää oppilaita. Ainemäärän kohdalla käsitteiden perinpohjainen opettelu auttaa oppilaita ratkaisemaan moolilaskuja ja rakentaa pohjan haastavammille kemian laskuille. Käsitteiden oppimisen tukena oppitunnilla käytettiin visualisointeja ja oppilaille tuttuja esimerkkejä. Lisäksi oppilaita kannustettiin ratkaisemaan tehtäviä ryhmissä ja käyttämään kemian käsitteitä aktiivisesti puheessaan.

1 Ainemäärä ja mooli

Ainemäärä luetaan kuuluvaksi lukion kemian 1. kurssin, *Ihmisen ja elinympäristön kemia* (KE1), sisältöihin (Opetushallitus, 2003). Ainemäärä on suure, joka kertoo systeemin rakenneosasten lukumäärän. Rakenneosaset voivat olla alkuaineatomeja (esim. C), alkuainemolekyylejä (esim. O₂), molekyyliyhdisteitä (esim. C₆H₁₂O₆) tai ioniyhdisteitä (esim. NaCl). Mooli on ainemäärän yksikkö. SI-järjestelmä määrittelee moolin seuraavasti:

Mooli on sellaisen systeemin ainemäärä, joka sisältää yhtä monta keskenään samanlaista perusosasta kuin 0,012 kilogrammassa hiili 12:ta on atomeja.

12g hiili 12:ta sisältää $6,022 \cdot 10^{23}$ kappaletta hiiliatomeja, jolloin määritelmän mukaisesti, yksi mooli mitä tahansa ainetta sisältää $6,022 \cdot 10^{23}$ rakenneosasta. Moolin sisältämien rakenneosasten lukumäärää kutsutaan Avogadron vakioksi. Täten, yksi mooli sisältää Avogadron vakion verran rakenneosia. Ainemäärä voidaan laskea kun tunnetaan systeemin hiukkasten lukumäärä ja päinvastoin.

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$N = n * N_A$$

missä

n = ainemäärä, jonka yksikkö on mooli (mol)

N =systeemin hiukkasten lukumäärä, jonka yksikkö on kappaletta

N_A =Avogadron vakio, jonka yksikkö on kappaletta moolia kohden (1/mol)

Ainemäärä ja mooli käsitellään tyypillisesti KE1-kurssin ensimmäisillä tunneilla. Käsitteiden ja laskujen ymmärtäminen on ensiarvoisen tärkeää kurssin edetessä moolimassaan, pitoisuuksiin sekä reaktioyhtälöiden tasapainottamiseen (Ojala, Meriläinen, Kaila, Salo & Andersson, 2002).

2 Miksi ulkoa opettelu ei riitä?

Kaiken opetuksen tavoitteena tulisi olla kognitiivisten taitojen kehittäminen. Luonnontieteissä korostuvat etenkin kyky asettaa kysymyksiä ja hakea syy-seuraussuhteita. Lukion opetussuunnitelman mukaan kemian opetuksen tulisi sisältää ilmiöiden havaitsemista, tutkimista, kuvaamista, tulkitsemista, mallintamista sekä matemaattista käsittelyä (Opetushallitus, 2003). Käytännössä lukion kursseilla harvoin on aikaa tehdä monia kokeellisia töitä. Usein hypätään teoriasta suoraan laskuihin. Monissa tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että kyky ratkaista kemiallisia ongelmia laskennallisesti ei välttämättä kerro oppilaan kyvystä ymmärtää tai selittää kemiallisia käsitteitä (Boujaoude & Barakat, 2000; Bowen & Bunce, 1997; Cracolice, Deming & Ehlert, 2008). Cracolice et al. (2008) erittelevät kemialliset ongelmanratkaisutehtävät kahteen luokkaan:

- algoritmiset ongelmat (eng. *algorithmic problems*), joita oppilas voi ratkaista käyttämällä ulkoa opeteltuja ratkaisumalleja.
- käsitteelliset ongelmat (eng. *conceptual problems*), jossa oppilaalta vaaditaan käsitteellistä ymmärrystä ongelman ratkaisemiseksi.

Valitettavan usein kouluopetuksessa painotetaan vain algoritmisia ongelmia eli laskuja, jolloin käsitteellinen osaaminen jää vähemmälle huomiolle. Tutkiessaan kemiallista reaktiota ja tasapainoa ylioppilaskokeissa, Pajari (2007) on huomannut monien laskujen olevan luonteeltaan perustehtäviä, jotka on mahdollista ratkaista muistamalla ulkoa oikeat algoritmit.

Bodnerin ja Herronin (2002) mukaan ongelmanratkaisu (eng. *problem-solving*) on pelkkää matemaattista ratkaisua laajempi kokonaisuus. Kemian käsitteellinen ymmärtäminen sekä muuttujien välisten riippuvuus- ja vuorovaikutussuhteiden ymmärtäminen on sitä tärkeämpää, mitä haastavamman ongelman edessä ollaan. Uuden käsitteen merkityksestä ja suhteista muihin käsitteisiin olisi hyvä keskustella, ennen kuin käsitettä sovelletaan laskuihin. Kun oppilaalla on käsite hallussaan, monipuoliset laskuesimerkit tukevat uuden käsitteen merkityksen oppimista. Mitä paremmin oppilas ymmärtää kemiallisia käsitteitä, sitä nopeammin hän tunnistaa esimerkkiongelmien luonteen ja ratkaisee ongelman (Camacho & Good, 1989). Uusien käsitteiden yhteydessä oppilaille tulisi antaa aikaa tutustua määritelmiin. Väärinkäsityksiä syntyy väistämättä, mikäli syy-yhteydet ja käsitteet ymmärretään väärin (Fach, Boer & Parchmann, 2007).

Miksi opetuksessa ei painoteta käsitteitä, vaikka tiedetään miten tärkeää käsitteiden ymmärtäminen on (mm. Camacho & Good, 1989; Gabel ja Bunce, 1994; Bodner & Herron, 2002; Cracolice et al, 2008)? Oppilaat seuraavat tarkasti opettajansa käyttämää ratkaisumallia. Monissa tilanteissa opettajat kokevat helpommaksi opettaa oppilaille valmiita algoritmeja ja kaavoja käsitteiden ymmärtämisen kustannuksella (Gabel ja Bunce, 1994). Lukion laajat kurssisisällöt ja ylioppilaskokeissa pärjääminen ulkoa opituilla algoritmeilla eivät motivoi opettajaa opettamaan eivätkä oppilasta kehittämään käsitteellistä ymmärrystä. Käsitteiden ymmärtäminen ongelmaa ratkaistaessa on vaativampaa kuin algoritmien seuraaminen (Cracolice et al, 2008). Uusi asia vaatii kokonaisvaltaista ajattelua ja ymmärrystä. Jos aiheesta on mahdollista selvittää opettelemalla ulkoa joukko irrallisia kaavoja tai yksityiskohtia, oppilailla on taipumus valita tämä jälkimmäinen reitti. Kirsti Lonka on luennoillaan puhunut bulimia-oppimisesta: kaavat ahmitaan ja oksennetaan koepaperille. Koetilanteen jälkeen päähän tankatut tiedot unohtuvat. Todellista ymmärrystä käsitteistä ei pääse kehittymään (Lonka, 2012). Jos tieteen opetuksen tavoitteena on saada oppilaat ajattelemaan käsitteellisesti, ratkaisemaan perinteisiä ja uusia ongelmia, työskentelemään tehokkaasti ja itsevarmasti, opetuksen tulisi keskittyä auttamaan oppilaita ymmärtämään ulkoa oppimisen sijaan (BouJaoude ja Barakat, 2003).

Ainemäärä ja mooli ovat abstrakteja, arkikieleen kuulumattomia käsitteitä. Lukion ensimmäisen kemian kurssin alkaminen ennestään tuntemattomalla käsitteillä saattaa saada vähemmän motivoituneen oppilaan nostaman kätensä pystyyn. Uudet käsitteet kuulostavat oppilaan korviin samalta: mooli ja moolimassa, ainemäärä ja hiukkasmäärä (Fach, Boer & Parchmann, 2007).

Suunnittelemani oppitunnin tavoitteena oli, että oppilas ymmärtää ainemäärän ja moolin käsitteet. Oppilas tietää, mitkä ovat ne rakenneosaset, joista aine koostuu ja osaa käyttää opittuja käsitteitä kuvaillessaan systeemin rakenneosasten lukumäärää. Lisäksi oppilas osaa laskea ainemäärän Avogadron vakion ja systeemin hiukkasten lukumäärän avulla sekä pystyy tarkastelemaan vastauksensa mielekkyyttä.

3 Ainemäärä- ja mooli-käsitteiden ymmärtäminen

3.1 Missä suuruusluokassa painitaan?

Avogadron vakion kymmenen eksponenttimuoto on oppilaille vaikea hahmottaa, onhan kyseessä valtavan suuri luku. Lisäksi oppilailla on vaikeuksia näppäillä lukua laskimeen. Halusin varmistaa, että oppilailla on mahdollisuus tutustua suuruusluokkaan ja omaan laskimeensa rauhassa. Laadin oppilaille ryhmissä ratkaistavia pohdintatehtäviä, joissa kaikissa vastaus on noin Avogadron vakio. Ajan säästämiseksi annoin oppilaille taustatietoja valmiina. Ajan salliessa oppilaat voivat etsiä taustatiedot itse, mikä saattaa

motivoida myös kemiasta vähemmän kiinnostuneita oppilaita. Alla on kaksi esimerkkiä pohdintatehtävistä.

Mikä luku on kyseessä?

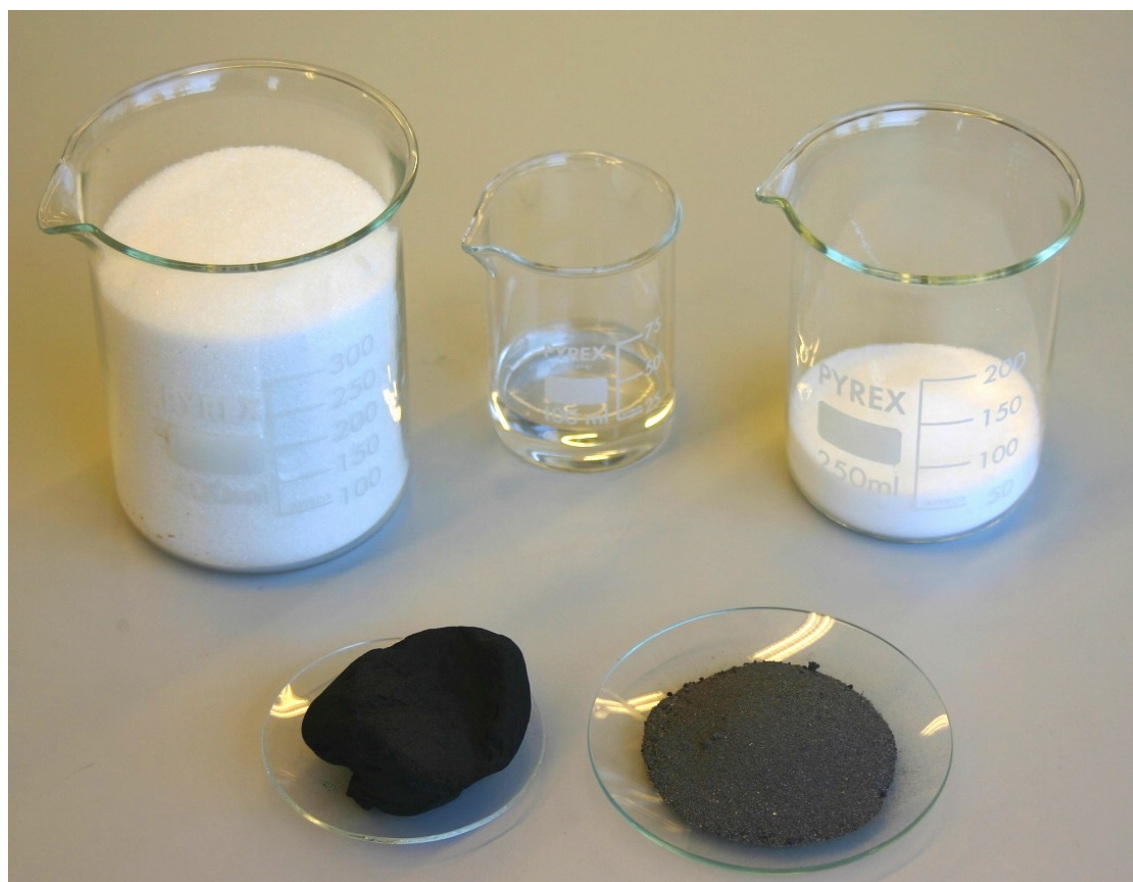
Luku on noin 1,36 miljoonaa kertaa maailmankaikkeuden ikä sekunneissa.

Maailman miehet tuottaisivat 3100 vuoden aikana näin monta siittiötä jos maailman väkiluku pysyisi samana kuin nyt

Samalla selvennettiin laskinten käyttöä. Dokumenttikameran avulla voi näyttää kaikki oppilaiden laskimista löytyvät tavat näppäillä kymmenen eksponentti erilaisilla laskimilla (E, EE, EXP, 10^x , 10^x). Lisäksi on hyvä muistuttaa että älypuhelinlaskimet käyttävät pistettä pilkun sijaan. Oppilaiden laskemat pohdintatehtävien tulokset merkittiin taululle ja niiden kautta päästiin kiinni Avogadron vakioon.

3.2 Miltä mooli näyttää?

Käsitteiden ollessa abstrakteja, konkreettiset esimerkit tutuilla aineilla tarjoavat turvallisen kiinnityskohdan uuteen aiheeseen. Käytin oppitunnilla makrotason esimerkkeinä moolia ruokasuolaa, sokeria ja vettä. Joukkoon voisi lisätä vielä hiilen esimerkiksi piirustushiilen muodossa (kuva 1). Samassa yhteydessä oli luontevaa kerrata, mistä yksiköistä aine koostuu. Tästä päästiin pohtimaan, miksi mooli sokeria vie enemmän tilaa kuin mooli hiiltä.



Kuva 1 Ainemäärän opiskelua voidaan konkretisoida makrotason esimerkein moolilla ruokasuolaa, sokeria, vettä ja piirustushiiltä (grafiitti).

Yksi kemian keskeisistä haasteista on opetuksen selkeä liikkuminen submikroskooppisen, makroskooppisen ja symbolisen tason välillä. Bowenin ja Buncen (1997) mukaan kemian käsitteellinen ymmärtäminen vaatii juuri kykyä liikkua näiden tasojen välillä. Kemian opetuksen alkuvaiheessa opettajan on tuotava selkeästi esille, milloin liikutaan tasolta toiselle. Oppitunnilla kävimme tasot läpi käyttäen vettä esimerkkinä. Makroskooppisella tasolla näimme dekantterilasissa moolin vettä. Taululle piirsimme vesimolekyylin, joita totesimme olevan Avogadron luvun verran lasissa. Symbolisella tasolla lasissa oli 1 mol H_2O :ta.

3.3 Anteeksi, puhutko kemiaa?

Ainemäärä ja mooli ovat oppilaille uusia ja vaikeita käsitteitä. Mooli on määrää kuvaava yksikkö, kuten myös oppilaille tutumpi tusina. Analogian avulla oppilaat saavat ennakkotietoihinsa perustuvan mallin siitä, miten mooli-sanaa voi käyttää:

Entäs jos munia onkin kaksi tusinaa?

Entäs jos hiiltä onkin kaksi moolia?

Oppilaiden lähtiessä laskemaan ainemäärään liittyviä tehtäviä, kehotin heitä tekemään yhteistyötä luokkakavereidensa kanssa ja käyttämään aktiivisesti puheessaan uusia käsitteitä. Ryhmätyöskentelyn on todettu parantavan oppilaiden käsitteellistä ymmärrystä

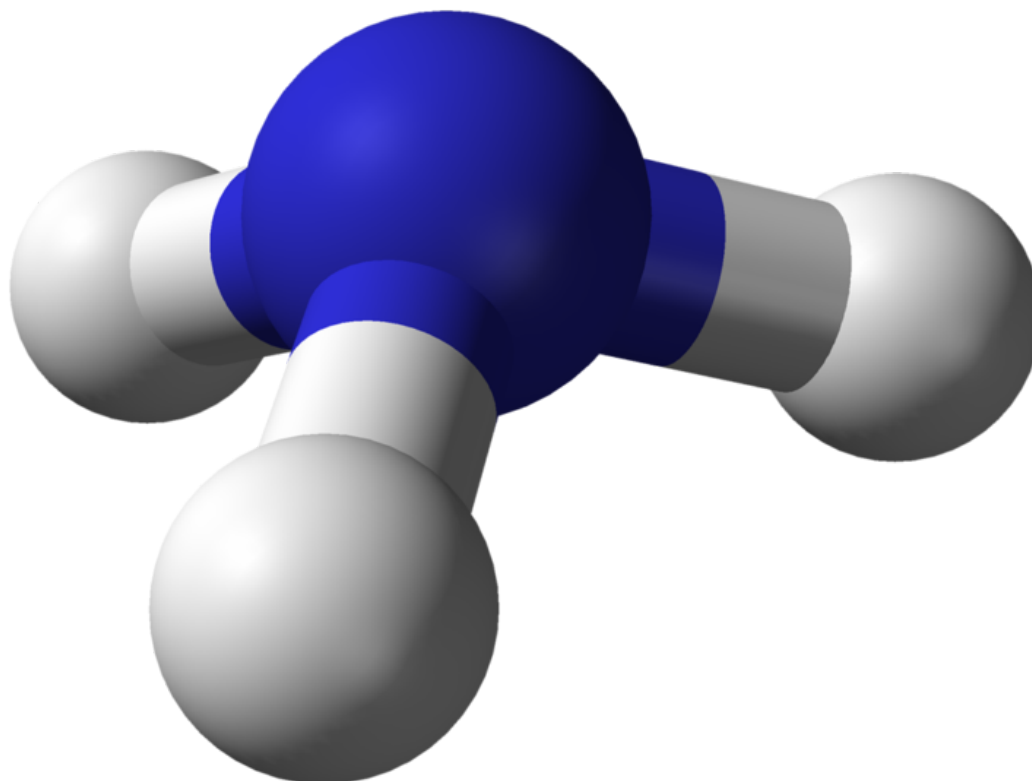
monin tavoin (Towns & Grant 1998; Ross & Fulton 1994; Tingle & Good 1990). Kynnys käyttää kemiallisia käsitteitä puheessaan on matalampi pienryhmässä kuin koko luokan edessä. Kemian käsitteiden käyttö omassa puheessa ja erilaisissa lauserakenteissa avaa oppilaille suureiden välisiä syy-seuraussuhteita. Näin se mahdollistaa käsitteiden laajemman ymmärryksen ja edelleen menestymisen myös soveltavien laskutehtävien ratkaisemisessa (Bodner & Herron 2002). Oppilaat oppivat toisiltaan erilaisia oppimisstrategioita ja ulkoa opettelu korvautuu ymmärtämisellä (Towns & Grant 1998). Myös oppilaiden motivaatio ja asenne oppimiseen parantuvat (Ross & Fulton 1994; Tingle & Good 1990). Lisäksi kehotin heitä piirtämään molekyylit pallomalleina vihkoonsa, mikä auttaa oppilaita hahmottamaan mistä rakenneosista on kyse. Submikroskooppinen taso yhdistyy laskujen symboliseen esitykseen edistään oppilaiden käsitteellisen ymmärryksen kehittymistä (Bowen & Bunce, 1997). Kannustin oppilaita myös tarkastelemaan vastaustensa mielekkyyttä yhdessä.

4 Oppimisen arviointi

Nykyaikaisen kemian opetuksen tavoite on rakentaa oppilaille tasapuolisesti vahvat käsitteellisen ymmärtämisen ja laskemisen taidot. Nämä ovat toisistaan riippuvaisia ja tukevat oppilasta myöhemmän elämän ongelmanratkaisutilanteissa (Gültepe, Celik & Kilic, 2013). Uuden perusopetuksen opetussuunnitelman 2016 perusteluonnoksessa on määritelty 7-9 luokkien osalta laaja-alaisten osaamisalueiden tavoitteiksi muun muassa *ajattelu ja oppimaan oppiminen (L1)* sekä *kulttuurinen osaaminen, vuorovaikutus ja ilmaisu (L2)*, joiden molempien voidaan katsoa toteutuneen suunnittelemani tunnin puitteissa. Kemian tavoitteissa opetuksen tavoitteena on *ohjata oppilasta käyttämään kemian käsitteitä täsmällisesti sekä jäsentämään omia käsiterakenteitaan kohti luonnontieteellisten teorioiden mukaisia käsityksiä (T10)*. Sen sijaan, että opetussuunnitelman sisällöt opeteltaisiin ulkomuistista, suositellaan niitä käyttämään työkaluina oppilaiden ajattelun kehittämiseksi (BouJaoude ja Barakat, 2003).

Kysyttäessä systeemin sisältämää ammoniakkimolekyylien lukumäärää, ainemäärä-käsitteen ymmärtänyt oppilaan tulisi käsittää, että:

- a) NH_3 on yksittäinen ammoniakkimolekyyli.
- b) Ammoniakkimolekyyli kuvataan näin (kuva 2.).



Kuva 2 Ammoniakkimolekyyli

(<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ammonia-3D-balls-A.png>, 25.5.2014)

- c) Ainemäärä on lukumäärää kuvaava suure, jonka yksikkö on mooli.
- d) Yksi mooli sisältää Avogadron luvun verran rakenneosasia, tässä ammoniakkimolekyylejä.
- e) Yksi mooli ammoniakkia sisältää yhden moolin typpeä (N) ja kolme moolia vetyä (H). (sovellettu BouJaoude & Barakat, 2003).

Toisin sanoen, vaikka ainemäärä ja mooli tuntuvat yksinkertaiselta aiheelta, vaatii käsitteiden kokonaisvaltainen ymmärtäminen oppilailta paljon. Tunnilla keskityin käsitteiden pohtimiseen monelta kannalta. Laskujen yhteydessä puheensorinasta päätellen oppilaat tuntuivat tosiaan tekevän yhteistyötä. Havaitsin myös oppilaiden esittelevän omia ratkaisumalleja toisilleen. Korostin, että oikeaan ratkaisuun ei ole vain yhtä polkua vaan siihen voi päätyä monella tavalla. Tunnin jälkeen kysyin kolmelta oppilaalta heidän arviotaan tunnin aiheesta. Kaksi kolmesta oli sitä mieltä, että aihe oli helppo, yksi sitä mieltä että vaikea. Olivatko aihetta helppona pitäneet todella haastaneet itsensä ja ymmärtäneet käsitteet oikein? Vai olivatko he sittenkin vain napanneet näyttämäni laskujen ratkaisumallin ja opetelleet sen ulkoa?

Lähteet

- Bodner G. M. & Herron J. D. (2002). Problem-solving in Chemistry. In J. K. Gilbert, O. Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Driel (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, 235–266. Kluwer Academic Publishers.
- BouJaoude S. & Barakat H. (2003), Students' problem solving strategies in stoichiometry and their relationships to conceptual understanding and learning approaches, *Electronic Journal of Science Education*, 7 (3), online journal, <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html>.
- Bowen, C. W., & Bunce, D. M. (1997). Testing for conceptual understanding in general chemistry. *The Chemical Educator*, 2(2), 1-1.
- Camacho, M., & Good, R. (1989). Problem solving and chemical equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 251-272.
- Cracolice, M. S., Deming, J. C., & Ehlert, B. (2008). Concept learning versus problem solving: A cognitive difference. *Journal of Chemical Education*, 85(6), 873–878.
- Fach, M., Boer, T. & Parchmann, I. (2007). Results of an interview study as basis for the development of stepped supporting tools for stoichiometric problems. *Chemistry Education: Research and Practice*, 8 (1), 13-31.
- Gabel D.L. and Bunce D.M., (1994), Research on problem solving: chemistry, In Gabel, D.L. (Éd.), *Handbook of research on science teaching and learning*, New York: Mac Millan.
- Gultepe, N., Yalcin Celik, A., & Kilic, Z. (2013). Exploring Effects of High School Students' Mathematical Processing Skills and Conceptual Understanding of Chemical Concepts on Algorithmic Problem Solving. *Australian Journal of Teacher Education*, 38(10), 106-122.
- Herron, J. D. and Greenbowe, T.J. (1986). What can we do about Sue: A case study of competence. *Journal of Chemical Education*, 63(6), 528-531
- Lonka, K. (2012). Kehitys- ja oppimispsykologian luennot.
- Ojala, P., Meriläinen, P., Kaila, L., Salo, K. & Andersson, B. (2002). *Dipoli 1, Lukion kemia*. Jyväskylä: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Opetushallitus. (2003). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003*. http://www.oph.fi/download/47345_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2003.pdf, s.152-155. Luettu 18.5.2014
- Pajari A. (2007). *Kemiallinen reaktio opetuksessa – stoikiometria ja kemiallinen tasapaino ylioppilaskokeessa*. Pro Gradu-tutkielma, Helsingin yliopisto.
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteluonnokset <http://www.oph.fi/ops2016/perusteluonnokset>, luettu 18.5.2014
- Ross, M. & Fulton, R. (1994). Active learning strategies in the analytical chemistry classroom. *Journal of Chemical Education*, 71(2), 141-143.
- Tingle, J.B. and Good, R. (1990) "Effects of cooperative grouping on stoichiometric problem solving in high school chemistry." *Journal of Research in Science Teaching*, 27(7), 671-683
- Towns, M., & Grant, E. (1998). 'I believe I will go out of this class actually knowing something:' Cooperative learning activities in physical chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 819-835.