

Metakäsitteellinen näkökulma kemiallisten sidosten opettamiseen

Jarkko Joki

Kemian opetuksen tutkimuksessa on havaittu, että oktettisäännön käyttö kemiallisten sidosten opettamisen yhteydessä aiheuttaa usein oppilaille vaihtoehtoisen oktettiviitekehyyksen. Se haittaa mielekkään, selitysvoimaisen ja tieteellisesti asianmukaisen ymmärryksen muodostamista kemiallisista sidoksista. Yhtenä osana metakognitiota on metakäsitteellisyys. Metakäsitteellisen ymmärryksen lisääminen kemian opetuksessa auttaa oppilaita hahmottamaan erilaisten käsitteiden, mallien ja skeemojen luonnetta, käyttötarkoitusta ja rajoja. Tässä artikkelissa tarkastellaan kemiallisten sidosten opettamista metakäsitteellisestä näkökulmasta.

Kemian käsitteet ja mallit ovat olennainen osa kemian tiedettä, mutta myös kemian opetusta ja oppimista. Oppilas ei ole kouluun tullessaan tyhjä taulu tai kiintolevy, eikä koulussa voida siirtää käsitteitä ja malleja suoraan oppilaan päähän USB-piuhalla. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan Oppiminen on oppilaan aktiivista toimintaa, jossa jo olemassa olevia käsiterakenteita, ja niissä olevia arkikäsitteitä muokataan. Ilman minkäänlaista yhtymäkohtaa oppilaan olemassa oleviin käsiterakenteisiin, oppimisesta tulee pelkästään merkityksetöntä ulkoa opettelua.

Kävin kerran keskustelua tuttavapariskunnan viidesluokkalaisen tyttären kanssa, joka valmistautui ympäristöopin kokeeseen. Aiheena kokeessa oli mm. yhteyttäminen. Kysyin tytöltä: mitä tarkoittaa se, että kasvit, esim. puut tuottavat sokeria? Missä se sokeri on siinä kasvissa? Hän ei osannut vastata. Lapselle sokerista tulee mieleen kaupan sokeripussi, ehkä tomusokeri tai sokerikerros sokerimunkin päällä. Löytyykö ison tammen sisältä kaupan sokeripussi tai edes hunajapurnukka – ehkäpä ainakin Nalle Puh-kirjoissa. Mitä muuta tekemistä sokerilla voisi olla esimerkiksi puiden tai ruohon kanssa? Tähän lapsi ei osannut vastata. Ei puu tai ruoho ainakaan makealta maistu, mikä on tunnusomaista sokerille. Hän oli vain opetellut ulkoa, että kasvit tuottavat sokeria yhteyttämisessä.

Käsitteiden oppiminen ja siihen liittyvä käsitteellisen muutoksen tutkiminen on yksi olennainen osa tiedeopetuksen ja oppimisen tutkimusta (Koponen, Rusanen, & Lappi, 2014). Käsitteellisten ja käsitteellisen muutoksen tutkimuksessa vallitsee useita eri lähestymistapoja ja teoreettisia malleja (Vosniadou & Ioannides, 1998; Chi, Slotta, & de Leeuw, 1994; diSessa & Sherin, 1998; Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982). Käsitteellisten muutosten voidaan myös tarkastella eri näkökulmista: epistemologisesta, ontologisesta tai affektiivisesta (Treagust and Duit, 2008).

Käsitteellisen muutoksen tutkimus ei ole kuitenkaan saavuttanut mitään yhtenäistä teoriapohjaa ja viime aikoina sellaiseen pyrkimisen mielekkyysskin on kyseenalaistettu. Osittain lähestymistapojen erilaisuus juontaa juurensa myös käsitteiden oppimisen ja käsitteellisen muutoksen erilaisuudesta eri ikäkausina ja eri konteksteissa. Taaperokäisen käsitteellinen muutos on erilainen ilmiö kuin luonnontieteen teorian oppimiseen liittyvä käsitteellinen muutos teini-ikässä. (Rusanen & Pöyhönen, 2013). Käsitteellinen muutos on pikemminkin syytä nähdä sateenvarjokäsitteenä, joka kattaa useita erilaisia tapoja oppia, muodostaa ja muokata käsitteellisiä rakenteita (Chinn & Samarapungavan, 2009).

Käsiterakenteita voidaan tarkastella myös systeemisestä ja dynaamisesta näkökulmasta kompleksisena erilaisten osasten muodostamana verkkona. Tällöin hahmottuu erilaisten osasten, ja niiden välisten kytkösten merkitys käsiterakenteen yhtenäisyydelle ja toisaalta erilaisten selitysmallien käyttökelpoisuus erilaisten tilanteiden selittämisessä (Koponen & Huttunen, 2013).

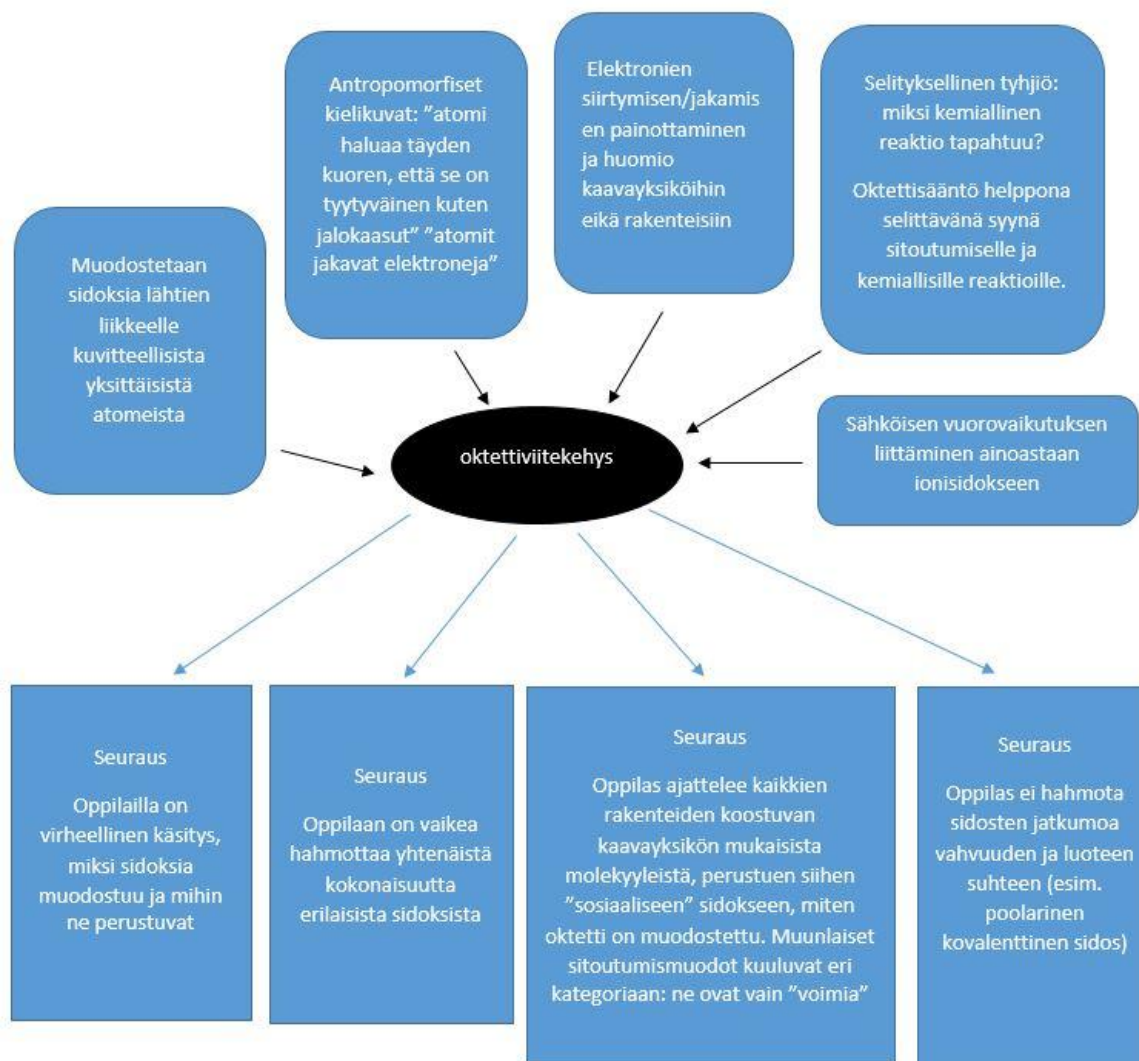
Käsitteiden oppimiseen liittyy oleellisesti ymmärrys käsitteen tai skeeman merkityksestä. Metakognitiivisten taitojen tutkimuksessa kiinnitetään yhtenä osa-alueena huomiota metakäsitteelliseen oppimiseen ja opettamiseen (Wiser & Amin, 2001; Yuruk, Beeth & Andersen, 2009).

Kemiallisen sidoksen opettaminen

Kemiallinen sidos on yksi keskeisimpiä kemian käsitteitä. Sen opettamiseen ja oppimiseen liittyvät haasteet johtuvat toisaalta käsitteen abstraktiudesta ja vieraudesta arkiymmärrykselle mutta tiedeopetuksen tutkimuksen valossa myös opetustavasta. (de Jong & Taber, 2014)

Yksi keskeisin kemiallisen sidoksen oppimista haittaava ja opetuksesta peräisin oleva ongelma on oktettiviitekehys. Oktettiviitekehyksellä tarkoitetaan epätarkoituksenmukaista, vaihtoehtoista käsiterakennetta, joka muodostuu opetuksessa olevien painotusten seurauksena oppilaalle (kuva 1) (Bergqvist, Dreschler, & Rundgren, 2016; Taber, 2001).

Oktettiviitekehysten seurauksena oppilas ajattelee, että kemiallisissa reaktioissa atomit haluavat saavuttaa oktetin. Sidoksina oppilas hahmottaa vain ne tilanteet, joissa elektroni on siirtynyt atomilta toiselle tai yhteiseen käyttöön, kiinnittäen huomiota erityisesti siihen, kenen elektroni on ollut ja kenelle se on annettu tai jaettu. Tämän seurauksena oppilas hahmottaa sidoksina vain ioni- ja kovalenttisen sidoksen ja pitää muita sidostyyppisiä vain "voimina". Oktettiviitekehysten seurauksena oppilas hahmottaa kaikki rakenteet molekyyleinä: ioniyhdisteetkin koostuvat molekyyleistä, koska sidos on vain aina niiden atomien välillä, jotka ovat luovuttaneet ja vastaanottaneet keskenään elektroneja. Esimerkiksi natriumkloridi koostuu NaCl-molekyyleistä, joissa jokaisessa yksi natrium on luovuttanut yhdelle tietylle klooriatomille elektroninsa ja nimenomaan näiden atomien välillä on sidos. Jos sähköistä vuorovaikutusta korostetaan ainoastaan ionisidoksen yhteydessä, saa kemiallisen sidoksen muodostuminen oppilaan mielessä helposti sosiaalisia ja inhimillisiä piirteitä: "atomit jakavat elektroneja, jotta jokainen saa täyden kuoren (oktetin). Kukaan ei halua olla vajaa." Tällöin eri sidokset saavat erilaisen kategorian: oktettisääntöön perustuvat sidokset (ioni- ja kovalenttinen) ovat oikeita sidoksia, muut sidokset ovat vain voimia. Myöhemmin oppilaan on vaikea hahmottaa sidoksia, jotka eivät perustu oktettisääntöön, kuten molekyylien väliset sidokset. Dikotominen jako ioni- ja kovalenttisiin sidoksiin häivyttää oppilaalta myös sen realismin, että lähes kaikki sidokset ovat erilaisten sidostyyppien välimuotoja ja sidoksen vahvuus ja luonne muuttuvat asteittain. (de Jong & Taber, 2014; Taber & Coll, 2002.)



Kuva 1. Oktettiviitekehys (muokattu Bergqvist et al., 2016 pohjalta)

Opiskeluvaiheessa tehdyn pienoistutkimuksen (Asunta & Joki, 2003) pohjalta on opettajanuran aikana kehitelty kemiallisen sidoksen opetusmallia, jossa kaikki sidokset hahmotetaan sähköisen vuorovaikutuksen pohjalta ja eri sidostyyppisiä käsitellään yhtä aikaa vertaillen ja samalla painottaen yhtenäistä perustaa sähköisessä vuorovaikutuksessa. Ensimmäisessä osatutkimuksessa tarkasteltiin opetusmallin tuottamia oppilaiden käsiterakenteita peruskoulun päättövaiheessa. Käsiterakenteita analysoitiin systeemisestä näkökulmasta käsin, joka auttoi hahmottamaan erilaisten osasten, kuten käsitteiden, muistisääntöjen ja selittävien skeemojen, merkityksen kokonaisuudelle ja toisaalta niiden käytön erilaisissa ongelmanratkaisutilanteissa. (Joki, Lavonen, Juuti, & Aksela, 2015.)

Ensimmäisen osatutkimuksen pohdintakappaleessa esitettiin, että jos opetuksessa tuodaan sähköinen vuorovaikutus kemiallisen sidoksen perustana ja selittävänä mallina selkeästi esille, voidaan ehkä täyden kuoren- tai oktettisääntöä käyttää myöhemmin muistisääntönä, kunhan sen rooli pelkkänä muistisääntönä – eikä selittävänä, sidoksia tai reaktioita aiheuttavana tekijänä - tehdään oppilaille selväksi (Joki, Lavonen, Juuti, & Aksela, 2015.). Tutkimukseni toisessa, työn alla olevassa vaiheessa tarkastellaan, miten tutkimieni oppilaiden käsiterakenteet kehittyvät lukion ensimmäisen vuoden aikana. Lisäksi tarkoituksena on selvittää miten opettajat hahmottavat oktettisäännön merkityksen – onko se heille enemmän muistisääntö kuin selittävä skeema ja miten tämä

opettajan metakäsitteellinen ymmärrys vaikuttaa oppilaan ymmärrykseen. Samalla kehitetään opetusmallia tutkimuksesta saatujen havaintojen ja ideoiden perusteella eteenpäin.

Nalle Puh -tarinassa Kani tokaisi: aiomme selvittää asian juurta jaksain! Nasu nyökkäsi, vaikka ei ymmärtänyt, mitä tekemistä asialla oli juurten kanssa.

Jarkko Joki

tohtorikoulutettava, FM (kemian ja biologian aineenopettaja)
lehtori, Nöykkiön koulu, Espoo

jarkko.joki@espoo.fi

Erityisosaaminen: kemian käsitteiden oppiminen, metakognition ja metakäsitteellisyuden merkitys kemian oppimisessa ja kemiallisen sidoksen opetusmallin kehittäminen. Väitöskirjan aiheena on metakäsitteellinen kemiallisen sidoksen opettaminen.

Lähteet

- Asunta, T. & Joki, J. (2003). Atomirakenteen oppiminen ja siihen liittyviä vaikeuksia. V. Meisalo (toim.), *Aineenopettajakoulutuksen vaihtoehdot ja tutkimus 2002. Ainedidaktiikan symposiumi 1.2.2002* (s. 301-313). Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitoksen julkaisuja 241.
- Bergqvist, A., Drechsler, M. & Rundgren S.-H. C. (2016). Upper Secondary Teachers' Knowledge for Teaching Chemical Bonding Models. *International Journal of Science Education*, 38, 298-318.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D. & de Leeuw, N. (1994). From Things to Processes: a Theory of Conceptual Change for Learning Science Concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Chinn, C. A. & Samarapungavan, A. (2009). Conceptual Change - Multiple Routes, Multiple Mechanisms: A Commentary on Ohlsson (2009). *Educational Psychologist*, 44(1), 48-57.
- diSessa, A. A. & Sherin, B. L. (1998). What Changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191.
- De Jong, O. & Taber, K. S. (2014). The Many Faces of High School Chemistry. Teoksessa N. G. Lederman, & S. K. Abell (toim.), *Handbook of Research on Science Education vol. II*. Taylor & Francis New York. p. 457-480.
- Joki, J., Lavonen, J., Juuti, K. & Aksela, M. (2015). Coulombic interaction in Finnish middle school chemistry: a systemic perspective on students' conceptual structure of chemical bonding. *Chemistry Education Research and Practice*, 4, 901-917.
- Koponen, I. T. & Huttunen, L. (2013). Concept Development in Learning Physics: The Case of Electric Current and Voltage Revisited. *Science & Education*, 22, 2227-2254.
- Koponen, I. T., Rusanen, A.-M., & Lappi, O. (2014). *Käsitteellinen muutos ja sen mallit*. Fysiikan laitos. Helsingin yliopisto. Saatavilla verkosta: https://www.dropbox.com/sh/yoquefdj2a7bb17/AA-DAdc3uwQFJ83HGkxjHJypia/252675_K%C3%91sitteellinen%20muutos_%20verkko_pdf.pdf
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Rusanen, A.-M. & Pöyhönen, S. (2013). Concepts in Change. *Science & Education*, 22, 1389-1403.
- Taber, K. & Coll, R. K. (2002). Bonding. Teoksessa J. K. Gilbert, O. De Jong, R. Justi, D. F. Treagust, - & J. H. Van Driel, (eds.), *Chemical Education: Towards Research-based Practice*, (s.213-234). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Treagust D. F. & Duit R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education, *Cultural Studies of Science Education*, 3, 297-328.
- Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20, 1213-1230.
- Wiser, M. & Amin, T. (2001). "Is Heat Hot?" Inducing Conceptual Change by Integrating Everyday and Scientific Perspectives on Thermal Phenomena. *Learning and Instruction*, 11, 331-355.
- Yuruk, N. Beeth, M. E. & Andersen, C. (2009) Analyzing the Effect of Metaconceptual Teaching Practices on Students' Understanding of Force and Motion Concepts. *Research in Science Education*, 39, 449-475.