



Olomuodon muutos yläkoulun opetuksessa

e-opas

Suvi-Maria Hautala

Madli Mötlik

Sanna Nikula

Sisällys

1.	Johdanto.....	1
2.	Olomuodon muutoksen kemia.....	2
3.	Perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteet.....	3
4.	Olomuodon muutoksen opetuksen tutkimus	4
4.1	Representaatiot opetuksessa	4
4.2	Olomuodon muutokseen liittyvät vaihtoehdoiset käsitykset.....	5
4.2.1	Vaihtoehtoisten käsitysten seuraukset.....	7
5.	Tarveanalyysi	8
5.1	Oppikirja-analyysi	8
5.2	Haastattelu	11
6.	Työkaluja olomuodon muutoksen opettamiseen	12
6.1	Kokeelliset työt.....	12
6.2	Kisällioppiminen	13
6.3	Käsittepiirrokset.....	14
7.	Arviointivinkkejä.....	16
7.1	Diagnostinen arviointi	16
7.2	Formatiivinen arviointi.....	17
7.3	Summatiivinen arviointi	17
7.4	Itse- ja vertaisarviointi	18
8.	Tapaustutkimus yliopisto-opiskelijoiden olomuodon muutoksen osaamisesta.....	19
8.1	Tutkimuskysymykset.....	19
8.2	Tulokset	19
8.3	Pohdintaa tapaustutkimuksen tuloksista.....	21
9.	Johtopäätökset	22
	Viitteet	23
	Liitteet	25
	Liite 1: Käsitte kuvat	25

1. Johdanto

Olomuodot ja niiden muutokset ovat ilmiöinä tuttuja arkipäiväisestä elämästä oppilaille. Siitä johtuen oppilailla on niihin liittyen monia vaihtoehtoisia käsityksiä, joita pitäisi opetuksella muuttaa tieteellistä tietoa vastaaviksi. Vaihtoehtoiset käsitykset ovat kuitenkin hyvin pysyviä ja niihin on vaikea vaikuttaa luennoimalla. E-oppaan yhteydessä tehdyssä tapaustutkimuksessa havaittiin, että myös yliopisto-opiskelijoilla on vaikeuksia olomuodon muutoksen ymmärtämisessä.

Olomuodon muutoksen teoria käsitellään vähän laajemmin kuin yläkoulun kirjoissa on tapana, sillä opettajalla on hyvä olla oppilaitaan laajemmat tiedot asiasta. Lisäksi opettaja voi olomuodon muutoksen kemian avulla laajentaa oppikirjan tarjoamaa teoriaa. Kolmelle yläkoulun kemian kirjalle tehdyssä sisällönanalyysissä huomattiin, että osa oppikirjoista ei huomioi ollenkaan kemian submikroskooppista tasoa olomuodon muutoksessa. Oppikirjoissa myös käsiteltiin hyvin heikosti energiaa olomuodon muutoksen yhteydessä. Mikään ei kuitenkaan estä opettajaa käymästä sitä kemian yhteydessä.

Olomuodon muutosta käsitellään oppikirjoissa hyvin teoreettisesti, joten tässä oppaassa esitellään teorian oppimista mahdollisesti tukevia toimintatapoja. Perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteet painottavat kokeellisuutta ja siksi tässäkin oppaassa on yksi helppo ja nopea olomuodon muutosta havainnollistava koe. Lisäksi oppaassa on linkkejä muihin olomuodon muutokseen liittyviin kokeellisiin töihin.

Esitellyn kokeellisen työn tulosten käsittelyyn on tarjolla käsitekuva, jonka avulla oppilaat voivat esittää näkemyksiään tapahtuneesta. Käsitekuvalla (*concept cartoons*) tarkoitetaan kuvaa, jossa kolmesta neljään hahmoa keskustelee jostakin luonnontieteellisestä käsitteestä tai ilmiöstä (Keogh & Naylor 1999; Naylor & Keogh 2013). Liitteenä on myös muita olomuodon muutoksen käsittelyyn sopivia käsitekuvia. Käsitekuvien on todettu parantavan joidenkin oppilaiden motivaatiota ja asennetta kemiaa kohtaan. Käsitekuvien avulla myös hiljaisimmat oppilaat saattavat innostua osallistumaan keskusteluun.

Olomuodon muutoksen opettamiseen opas tarjoaa kisällioppimisen. Se on nykyajan opetusmenetelmä, jonka keskiössä on opiskelijalähtöinen ohjaaminen ja opiskelijoiden vastuu omasta oppimisesta.

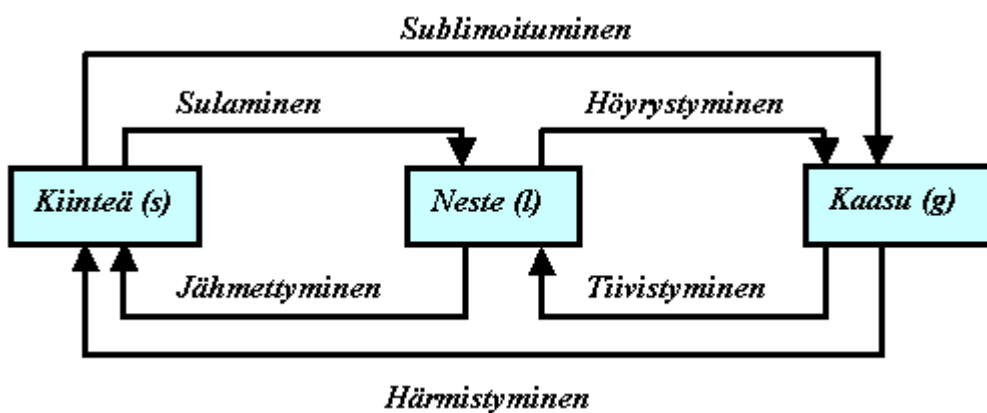
2. Olomuodon muutoksen kemia

Aineilla on kolme olomuotoa: kiinteä, neste ja kaasu. Veden kiinteää olomuotoa kutsutaan jääksi ja kaasua vesihöyryksi. Aineen olomuoto tietyssä lämpötilassa määräytyy sen mukaan, kuinka vahvoja sen rakenneosien, atomien, molekyylien tai ionien, väliset sidokset ovat.

Kiinteillä aineilla rakenneosat eivät juurikaan pääse liikkumaan ja siksi niillä on tietty muoto. Nesteet asettuvat astian muotoon, koska niiden rakenneosat pääsevät liikkumaan toistensa ohi. Kaasu täyttää koko tilan, sillä sen rakenneosat pääsevät liikkumaan vapaasti toisiinsa nähden.

Aineen olomuotoa voidaan muuttaa sen lämpötilaa muuttamalla. Kun kiinteää ainetta lämmitetään, se sulaa nesteeksi. Jos lämmittämistä jatketaan edelleen, aine höyrystyy kaasuksi. Sublimoitumisessa kiinteä aine muuttuu suoraan kaasuksi. Kaikissa tapauksissa rakenneosien väliset kemialliset sidokset katkeilevat ja rakenneosat pääsevät liikkumaan aiempaa vapaammin. Sulaminen, höyrystyminen ja sublimoituminen vaativat siis tapahtuakseen energiaa.

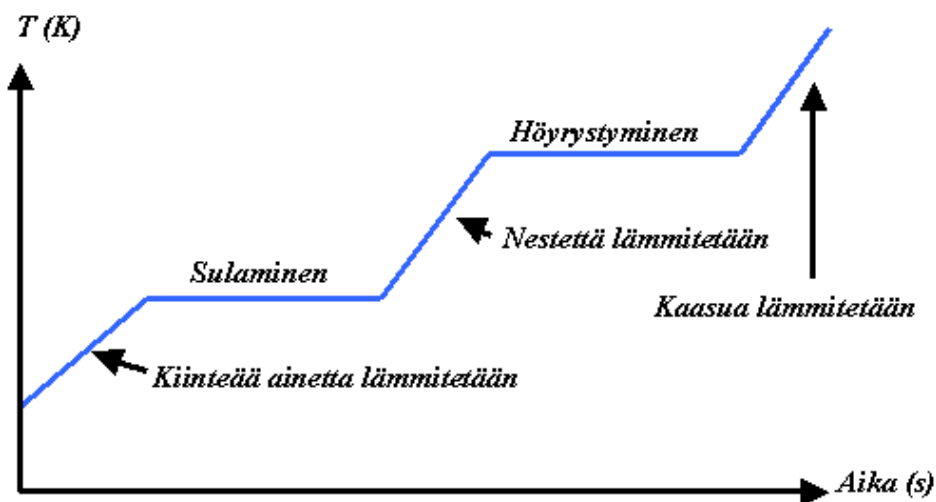
Kun kaasumaisen aineen lämpötilaa lasketaan, se tiivistyy ensin nesteeksi ja jähmettyy sitten kiinteäksi aineeksi. Kun kaasu muuttuu suoraan kiinteäksi aineeksi, puhutaan härmistymisestä. Näistä prosesseista kukin vapauttaa energiaa ympäristöön.



Kuva 1 Kaviokuva olomuodon muutoksesta (Internetix, Mikkonen).

Sulamispisteessä puhdas aine sulaa kiinteästä nesteeksi ja kiehumispisteessä neste höyrystyy kaasuksi. Avoimessa astiassa olevan nesteen sisäinen paine on vähintään yhtä suuri kuin ulkoinen paine. Kun nesteen höyrinpaine on pienempi kuin ulkoinen paine, neste haihtuu eli vain sen pintakerroksen rakenneosat muuttuvat höyryksi. Kun nestettä lämmitetään kiehumispisteeseen, sen höyrinpaine kasvaa, kunnes se saavuttaa ulkoisen paineen. Tällöin höyryä voi muodostua myös nesteen sisällä eli neste kiehuu. (Lavonen, Meisalo et al.)

Kun kiinteää ainetta lämmitetään vakiopaineessa, sen lämpötila nousee, kunnes se saavuttaa sulamispisteen lämpötilan. Aineen lämpötila pysyy vakiona niin kauan kunnes kaikki kiinteä aine on sulanut nesteeksi, koska kaikki energia menee sidosten katkeamiseen. Kun kiinteä aine on sulanut nesteeksi, aineen lämpötila nousee, kunnes se saavuttaa kiehumispisteen. Jos paine pysyy vakiona, kiehumispisteessä aineen lämpötila pysyy vakiona, kunnes kaikki neste on höyrystynyt kaasuksi, koska kaikki energia menee olomuodon muutokseen.



Kuva 2 Lämpötilan muutos olomuodon muutoksessa, kun lämmitys tapahtuu vakiopaineessa (Internetix, Mikkonen).

3. Perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteet

Vuosiluokkien 3-6 perusopetuksen opetussuunnitelmien perusteissa (POPS) ympäristöopin sisällöissä mainitaan olomuodot, mutta ei vielä niiden muutosta. Kemian sisältöalueiden kuvauksessa vuosiluokille 7-9 on mainittu, että olomuodon muutoksia tutkitaan. Fysiikan sisältöalueissa olomuodon muutoksista ei sanota mitään, joten olomuodon muutoksen opetukselle luonnontieteissä annetaan peruskoulun opetussuunnitelman perusteiden tasolla hyvin vapaat kädet. (POPS 2014)

Kokeellisuuden asema peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa on keskeinen. Ilmiöiden tutkiminen ja havainnointi on koko opetuksen lähtökohta. Tutkimuksilla on tärkeä merkitys käsitteiden sisäistämisessä, tutkimustaitojen oppimisessa ja luonnontieteen luonteen hahmottamisessa. (POPS 2014)

Näin myös olomuodon muutoksen tutkimisessa kokeellisuus on keskeistä ja innostaa myös oppilaita kemian opiskeluun yleensä. Siksi olemme tähänkin työhön valinneet yhdeksi työtavaksi kokeellisen työskentelyn.

4. Olomuodon muutoksen opetuksen tutkimus

Peruskoulun opetussuunnitelman perusteissa opetuksen lähtökohtana sanotaan olevan oppilailta olevat aikaisemmat havainnot ja tiedot opetettavasta aiheesta (POPS 2014). Usein nämä aikaisemmat tiedot ovat ainakin osittain virheellisiä niin kutsuttuja vaihtoehtoisia käsityksiä.

4.1 Representaatiot opetuksessa

Kemian opetuksessa käytetään malleja. Jotta mallista olisi muille hyötyä, se täytyy välittää heille niin kutsuttuina representaatioina. Representaatio voi mallintaa ilmiötä sellaisena kuin se astein havaitaan kuten esimerkiksi silloin, kun kuvasarja kertoo, kuinka indikaattori muuttaa väriään jossain kohdassa titrauksen aikana. Representaation tarkoituksena voi myös olla ilmiön kvalitatiivisen tai kvantitatiivisen tarkastelun tukeminen. (Gilbert 2008)

Konstruktiiivinen oppimiskäsitys näkyy opetussuunnitelmissa ja siten on nykyään keskeinen menetelmä oppia. Konstruktiiivisessa oppimiskäsityksessä oppija nähdään aktiivisessa roolissa ja hänen oletetaan konstruoivan tietojaan uuteen informaatioon. Vastaanotettu informaatio puretaan osiin ja lajitellaan olemassa oleviin tietorakenteisiin. (Hautala 2012)

Haasteita luovat tilanteet, joissa uusi tieto ei sovellu vanhaan tietorakenteeseen. Sellaisissa tilanteissa vanhan tietorakenteen olisi tultava hylätyksi, mutta useimmiten hylätyksi tulee uusi tieto, sillä vanhat tietorakenteet ovat helpompia säilyttää. (Hautala 2012)

Tutkimus osoittaa, että pelkkä mallin läsnäolo ei saa aikaan oppilaan oikeaa tulkintaa mallista. Mallin tulkinta ei ole aina yksikäsitteistä, mutta sen rajoittuneisuudesta ei juuri koskaan kerrota. (Vosniadou, Skopeliti & Ikospentaki 2004). Representaatioiden hyödyllisyys kasvaa, kun oppilaita tuetaan niiden tulkinnassa (Gilbert 2008). Täten visuaalisten representaatioiden käyttö ei aina takaa ymmärrystä ja varomaton käyttö voi johtaa virhekäsityksiin (Hautala 2012).

Mitä useampia representaatioita käyttää sitä pienemmät ovat mahdollisuudet väärin tulkintaan (Ainsworth, Prain & Tytler 2011). Parhaimmissa tapauksissa visuaalisten representaatioiden käyttö edesauttaa oppilasta pääsemään kemiaan syvälliseen ymmärrykseen (Hautala 2012).

4.2 Olomuodon muutokseen liittyvät vaihtoehtoiset käsitykset

Olomuodon muutokseen liittyvät käsitteet, höyrystyminen ja tiivistyminen, ovat oppilaille vaikeita käsitteiden abstraktiuden vuoksi (Bar & Travis 1991). Myös itse olomuotoon ja sen muutokseen liittyy vaihtoehtoisia käsityksiä. Vaihtoehtoiset käsitykset vaikuttavat oppimiseen ja niitä on hyvin vaikea muuttaa. (Garnett, Garnett & Hackling 1995)

Abrahamin, Williamsonin ja Westbrookin tutkimus (Abraham et al. 1994) kävi läpi joidenkin kemian peruskäsitteiden ymmärtämistä yläkoulussa, lukiossa ja yliopiston alkeiskurssilla. Yleisesti ottaen kemian peruskäsitteitä osattiin huonosti. Olomuodon muutokseen liittyvässä tehtävässä oppilaiden piti selittää, miksi lämpötila pysyy vakiona jääkuution sulamisen aikana.

Kahdeksaslukulaisten joukossa osaaminen oli hyvin heikkoa. Vain 2 prosenttia osoitti jotain ymmärrystä asiasta, ja 34 prosentilla oli jokin tietty vaihtoehtoinen käsitys aiheesta. Yleisintä oli käsitteiden lämpö ja lämpötila sekoittaminen. Väitettiin myös lämpömittarin mittaavan vain jään lämpötilaa, ei veden tai selitettiin jään olevan kylmempää kuin vesi. Toiset selittivät, että vesi kyllä lämpiää, mutta jää jäähdyttää sen uudelleen. Jotkin arvelivat, että lämpötilalla ei ole tarpeeksi aikaa nousta, eli lämpömittari olisi liian hidas. 8-lukulaisten kohdalla käsityksiin johti usein se, että kemia vaatii formaalia ajattelua, mutta osa oppilaista on ajattelussaan vasta konkreettisella tasolla, mikä vaikeuttaa vaihtoehtoisten käsitysten erottamista tieteellisesti oikeasta tiedosta. (Abraham, Williamson & Westbrook 1992)

Olomuodon muutoksen ymmärtäminen on yhteydessä abstraktin ajattelun kehitykseen. Kiehumisen on konkreettinen ilmiö, sillä sen voi nähdä ja kuulla. Kiehumiseen ei liitykään niin paljon vaihtoehtoisia käsityksiä kuin abstrakteihin höyrystymiseen ja tiivistymiseen. Näiden vaihtoehtoiset käsitykset korjautuvat tieteellistä tietoa vastaaviksi sitä mukaa, kun abstraktin ajattelun taidot kehittyvät. (Bar & Travis 1991)

Höyrystymisen ja tiivistymisen ilmiöiden ymmärtäminen etenee yleensä samanaikaisesti. Kun oppilaat ymmärtävät veden voivan muuttua höyryksi, he yleensä myös ymmärtävät höyryn voivan muuttua vedeksi (Bar & Travis 1991).

Vaikka oppilaat ymmärtäisivät, että veden kiehuessa se muuttuu vesihöyryksi (Bar & Travis 1991), heillä saattaa olla vaihtoehtoisia käsityksiä siitä, mitä kiehuessa vedessä olevat kuplat sisältävät. Yleensä niiden ajatellaan sisältävän vettä, mutta jotkut saattavat ajatella niiden sisältävän kuumuutta,

kuumaa ilmaa tai vetyä ja happea. (Bar & Travis 1991; Garnett, Garnett & Hackling 1995; Hautala 2012) Oppilaat saattavat myös ajatella, että kun neste muuttuu kaasuksi, sen massa pienenee, sillä kaasulla ei ole massaa (Garnett, Garnett & Hackling 1995).

Taulukkoon 1 on koottu oppialta todettuja olomuodon muutokseen liittyviä vaihtoehtoisia käsityksiä.

Taulukko 1 Olomuodon muutokseen liittyvät vaihtoehtoiset käsitykset

Vaihtoehtoisia käsityksiä olomuodon muutoksesta	Luokka-aste
Sekoitetaan käsitteet lämpö ja lämpötila (Abraham, Williamson & Westbrook 1992)	Yläkoulu, lukiossa vähemmän
Jää on kylmempää kuin vesi jään sulaessa, vesi kyllä lämpenee, mutta jää jäähdyttää sen uudelleen (Abraham, Williamson & Westbrook 1992).	Yläkoulu ja lukio
Lämpötila ei nouse jään sulamisen aikana, koska lämpömittari on hidas (Abraham, Williamson & Westbrook 1992).	Yläkoulu
Lämpö ja kylmä ovat aineenkaltaisia ja voivat vuoro vaikuttaa keskenään (Abraham, Williamson & Westbrook 1992)	Lukio
Atomien ja molekyylien koko, muoto ja massa riippuvat olomuodosta (Garnett, Garnett & Hackling, 1995).	Yläkoulu ja lukio
Samassa olomuodossa molekyylit liikkuvat aina samalla nopeudella (Garnett, Garnett & Hackling, 1995).	Yläkoulu ja lukio
Sulamisessa ja kiehumisessa aineen kovalenttiset sidokset katkeavat (Garnett, Garnett & Hackling, 1995).	Yläkoulu ja lukio
Kiinteän aineen sulaessa neste valuu pois ja aineen kiehuessa kaasu karkaa ympäristöön (Garnett, Garnett & Hackling, 1995).	Ala- ja yläkoulu
Veden höyrystyessä vesi katoaa kiinteään aineeseen (Garnett, Garnett & Hackling, 1995).	Alakoulu

<p>Veden höyrystymisessä syntyvät kuplat sisältävät esimerkiksi ilmaa, kuumuutta, kuumaa ilmaa tai happea ja vetyä (Kuplat sisältävät siis jotain muuta kuin vettä.) (Bar & Travis, 1991).</p>	<p>Ala- ja yläkoulu sekä lukio</p>
--	------------------------------------

4.2.1 Vaihtoehtoisten käsitysten seuraukset

Vaihtoehtoiset käsitykset muodostavat aina pohjan tieteellisen tiedon oppimiselle, sillä tieteellistä ajattelua voidaan oppia vain muokkaamalla jo olemassa olevia käsityksiä (Halloun & Hestenes 1985a; Rusanen & Lappi 2014b). Vaihtoehtoisten käsityksien avulla rakennetaan jäsentyneempiä ja yhä enemmän tieteellistä tietoa vastaavia käsityksiä. Kuitenkin vaihtoehtoiset käsitykset usein haittaavat oppimista, sillä niiden pohjalta oppilaat saattavat tehdä virheellisiä tulkintoja opittavasta asiasta. (Rusanen & Lappi 2014b) Jos vaihtoehtoiset käsitykset ovat vain pinnallisia ja heikkoja, niihin on melko helppo vaikuttaa opetuksella (Driver 1983).

Jos oppilas ei tiedosta omia vaihtoehtoisia käsityksiään, hänen on vaikea ymmärtää niiden kanssa ristiriidassa olevaa tietoa. Tällöin oppiminen jää helposti pintapuoliseksi. Jos taas oppilas tiedostaa omien käsitystensä virheellisyyden, hän voi uuden tiedon avulla muuttaa käsityksiään. (Tynjälä 1999)

Vaihtoehtoiset käsitykset ovat pysyviä, ja ne vaikuttavat oppilaiden ajatteluun joskus pitkänkin ajan jälkeen. Vaikka oppilaat ymmärtäisivät uuden opetetun asian, he saattavat silti käyttää perusteluissaan vaihtoehtoisia käsityksiään vain vähän muokattuna. Monesti oppilaat myös palaavat käyttämään vaihtoehtoisia käsityksiään kohdatessaan vähän erilaisen tilanteen, vaikka he olisivat oppineet ja ymmärtäneet tieteellisen selityksen asiasta. (Driver 1983)

Jos oppilaiden vaihtoehtoiset käsitykset otetaan huomioon opetuksessa, oppiminen johtaa todennäköisemmin uuden asian kokonaisvaltaiseen ja vahvaan käsitteelliseen hallintaan. Jos taas opetus on vain tiedon siirtämistä, oppilas ei muokkaa vaihtoehtoisia käsityksiään vaan tyytyy opettelemaan asiat ulkoa. Tiedosta tulee pirstaleista ja hajanaista ulkoa opetteluun perustuvaa oppimista. (Ahtee 1998; Rusanen & Lappi 2014a) On hyvä muistaa, että tieteellisten käsitteiden oppiminen on pitkä ja vaativa prosessi, jonka aikana oppilaan vaihtoehtoiset käsitykset hiljalleen muokkautuvat hiljalleen tieteellisiksi käsitteiksi (Koponen & Kokkonen 2014).

5. Tarveanalyysi

Tarveanalyysi toteutettiin tekemällä oppikirja-analyysi kolmelle peruskoulun kemian kirjalle sekä sähköpostihaastatteluna yhdelle yläkoulun opettajalle.

5.1 Oppikirja-analyysi

Peruskoulun oppikirjoille Ilmiö, Titaani ja Fyke suoritettiin sisällönanalyysi, jossa tarkasteltiin oppikirjojen tapaa käsitellä olomuodon muutosta sekä niiden tarjoamia kokeita sen havainnollistamiseen. Titaanista ja Fykestä on erikseen oppikirja ja työvihko, joita molempia tarkasteltiin. Jos ei erikseen mainita, puhutaan oppikirjasta. Tulokset ovat kootusti ja laajasti taulukossa 2.

Ilmiössä (Ikonen, Tuomisto, Termonen & Perkkalainen 2009) olomuodot ja niiden muutokset käydään lyhyesti ja ytimekkäästi. Mikrotaso on huomioitu sekä kuvissa että tekstissä. Olomuodon muutokseen liittyvään kaaviokuvaan on merkitty energian sitoutuminen ja vapautuminen ainoana kolmesta kirjasta.

Tekstin vieressä on havainnollistava kuva kiehumisesta ja kuvatekstissä todetaan, että kiehumista tapahtuu kaikkialla nesteessä ja haihtumista vain nesteen pintaosissa. Haihtumista todetaan tapahtuvan jo kiehumispistettä matalammissa lämpötiloissa aineen pintaosista. Huomattavaa on se, että kaaviokuvassa nesteen muuttumista kaasuksi kuvataan höyrystymisellä, mutta tekstissä samaa ilmiötä kuvataan haihtumiseksi tai kiehumiseksi. Termien sekava käyttö voi hankaloittaa joidenkin oppimista.

Huomattavaa on, että veden olomuodoista ei puhuta ollenkaan olomuotojen ja niiden muutosten yhteydessä, vaikka kaikki kuvat havainnollistavat veden eri olumuotoja. Veden olumuotoja sivutaan myöhemmässä vettä käsittelevässä luvussa. Kuvissa on tuttuja arkipäivän ilmiöitä ja kuvatestit tarjoavat niistä uutta tietoa.

Titaanissa (Muilu & Virtanen 2016) olomuotojen nimet mainitaan tekstissä, mutta niitä ei koota erikseen yhteen, kuten muissa oppikirjoissa oli tehty. Saman aukeaman kuvateksteissä puhutaan lisäksi geelistä, vaahdosta, sumusta ja lietteestä yhdessä kiinteän, nesteen ja kaasun kanssa. Seoksia käsittelevässä tekstissä geelin, vaahdon, sumun ja lietteen sanotaan olevan heterogeenisten seosten nimiä, ja että heterogeenisiä seoksia voidaan nimetä sen mukaan, missä olomuodossa sekoittuneet aineet ovat. Koska erillistä koontia aineen olomuodoista ei tehdä, oppilaille voi syntyä vaihtoehtoinen käsitys, jonka mukaan esimerkiksi geeli ja vaahto ovat aineen olumuotoja.

Submikrotasoa ei ole huomioitu ollenkaan olomuotojen tai niiden muutosten yhteydessä. Olomuodon muutokselle ei ole erillistä otsikkoa, vaan se käydään läpi veden erityisten ominaisuuksien yhteydessä. Selittää ainoana veden korkeat sulamis- ja kiehumispisteet. Selittää myös ainoana miksi vesi laajenee jäätyessään.

Fyke (Kangaskorte, Lavonen, Pikkarainen, Saari, Sirviö, Vakkilainen & Viiri 2016) käyttää sulamisen yhteydessä esimerkkinä uuden vuoden tinan sulamista poikkeuksena muiden käyttämästä jään sulamisesta. Termejä kiehuminen ja höyrystyminen käytetään sekaisin, mutta selkeämmin kuin Ilmiössä, ja haihtuminen on määritelty erikseen. Fykessä mikrotaso on huomioitu olomuodon muutosten yhteydessä.

Fyke on kirjoista ainoa, jonka olomuodon muutoksen kaaviokuvassa ei ole ollenkaan sublimoitumista tai härmistymistä. Niitä ei mainita edes tekstissä. Fyke on kirjoista ainoa, joka kertoo, että aineita voidaan tunnistaa niiden sulamis- ja kiehumispisteiden avulla.

Taulukko 2 Oppikirja-analyysin tulokset.

	Ilmiö	Titaani	FYKE
Kokeelliset työt	Tutkitaan jääpalan lämpötilaa sen sulaessa	Kiinteiden ja nestemäisten aineiden luokittelu (oppikirja) Suolan vaikutus jäämurskan lämpötilaan (työvihko)	Suolaveden haihduttaminen (työvihko) Tutkitaan mitä tapahtuu, kun kuumalle metallilevyllä laitetaan puulastu, steariinia ja etikkaa (työvihko)
Olomuodot	Nimet ilmoitetaan selkeästi (lihavoitu). +Submikrotaso huomioitu	-Nimiä ei ilmoiteta selkeästi, mahdollisuus vaihtoehdoisen käsityksen syntymiseen -Submikrotasoa ei ole huomioitu.	Nimet ilmoitetaan selkeästi (lihavoitu). +Submikrotaso huomioitu olomuodon muutoksen yhteydessä.
Olomuodon muutos	+Kiehumisen ja haihtumisen määrittely erikseen. +Olomuotoa voidaan muuttaa muuttamalla lämpötilaa. -Kaaviokuvassa höyrystyminen ja tekstissä kiehumisen ja haihtumisen.	Ei omaa alaotsikkoa olomuodon muutokselle. Olomuodon muutokset käsitellään hyvin kevyesti. + Höyrystyminen konkreettisen esimerkin avulla	Termejä höyrystyminen ja kiehumisen käytetään sekaisin, haihtumisen on määritelty erikseen.
Veden olomuodot	Käsitellään myöhemmässä luvussa, mutta ei sanota suoraan, että veden kiinteää olomuotoa kutsutaan jääksi.	Käsitellään olomuodon muutoksen kaaviokuvan yhteydessä Olomuodon muutos käydään läpi veden avulla.	Käsitellään Ei mainita, että veden kaasumaista olomuotoa kutsutaan usein (vesi)höyryksi.
Kaaviokuva olomuodon muutoksesta	Kyllä	Kyllä	Kyllä, mutta sublimoituminen ja härmistyminen puuttuvat.
Energia olomuodon muutoksessa	+Kaaviokuvaan on merkitty, koska energiaa sitoutuu ja koska vapautuu.	Veden lämmittäminen ja höyrystyminen vaatii paljon energiaa.	Puhutaan vain lämmöstä.

Sulamis- ja kiehumispisteen käsittely	Määritellään korostetusti (laatikoimalla). +Kys. pisteessä astiassa on yhtä aikaa ainetta kahdessa eri olomuodossa.	+Taulukossa eri aineiden sulamis- ja kiehumispisteitä. + Selitetään veden korkeat sulamis- ja kiehumispisteet	Määritellään ja määritelmää korostetaan laatikolla. +Aineita voidaan tunnistaa niiden sulamis- ja kiehumispisteiden perusteella.
Lämpötila pysyy vakiona sulamis- /kiehumispisteessä	Ei käsitellä	Ei käsitellä	Ei käsitellä

Huomattavaa on, että yksikään kirja ei käsittele lämpötilan pysymistä vakiona olomuodon muutoksessa, vaikka tutkimusten perusteella oppilaille on siihen liittyen useita vaihtoehtoisia käsityksiä.

5.2 Haastattelu

Opettaja haastattelu toteutettiin sähköpostihaastatteluna. Haastateltava toimii matematiikan, kemian ja fysiikan lehtorina eteläsuomalaisessa yläkoulussa. Opettajakokemusta hänellä on noin kymmenen vuotta.

1) Miten opetat käsitteen olomuodon muutos kemiassa? (miten havainnollistat, millaisia kokeellisia töitä teet, millaisia ilmaisuja/sanamuotoja käytät, etsitkö tietoa netistä tai videoita youtubesta ynnä muualta)

- Käydään läpi aineen kolme perusolomuotoa ja mitä se on, kun aine muuttuu olomuodosta toiseen. Pohditaan myös atomitasolla millaisia liikkeitä atomilla on eri olomuodoissa. Jos aihe sattuu talveen, otetaan lunta ulkoa tai pakkasesta jäätä ja mitataan lumen sulamista esim. yhden minuutin välein ja tuloksista piirretään taulukko. Netistä katsotaan hiilihappojään käyttäytymistä.

2) Onko käsite oppilaille vaikea oppia? Ymmärtävätkö oppilaat esimerkiksi, miksi lämpötila pysyy samana olomuodon muutoksen aikana ja lähtee nousemaan vasta sitten kun esimerkiksi kaikki jää on sulanut?

- Aihe on helppo ymmärtää, mutta käsitys teoreettiselta tasolta jää heikoksi.

3) Millaista materiaalia kaipaisit opetuksen avuksi? (Esimerkiksi työhjeita, videoita, simulaatioita, monistettavia tehtäviä jne. Tätä kysymystä voit laajentaa myös muihin opetettaviin asioihin.)

- Aihe ei sinänsä ole vaikea eikä laaja, joten en kaipaa lisää materiaalia. Totta kai, jos löytyy helppoja ja käytännöllisiä kivoja labratöitä niin niitä mielellään otan vastaan.

6. Työkaluja olomuodon muutoksen opettamiseen

Tarjoamme olomuodon muutoksen opettamisen tueksi kokeellista työtä, kisällioppimisen menetelmää ja käsitekuvia.

6.1 Kokeelliset työt

Alla on työohje helppoon ja nopeaan työhön. Muita olomuodon muutokseen liittyviä työohjeita löytyy [täältä](#) ja kemianluokka Gadolinin [materiaalipankista](#). Liitteessä 1 on käsitekuvia, joista kuvia 7 tai 8 voi halutessaan käyttää apuna työn läpikäynnissä.

TYÖOHJE: Olomuodon muutos – lämpötila jään sulamisessa

Tavoitteet: harjoitella kokeellista työskentelyä, perehtyä olomuodon muutokseen ja siihen miksi lämpötila pysyy vakiona sulamisen aikana.

Kesto: 15-30 min (ilman lämmitystä voi kestää kauemminkin)

Välineet: keitinlasi, keittolevy, lämpömittari, jonka mittauspäähän jäädytetty kiinni jääpala (tai jäämurskaa/jääpaloja, vettä ja lämpömittari)

Mittauksen voi tehdä myös jatkuvana mittauksena mittausohjelman avulla. Tällöin keitinlasiin laitetaan jäämurskaa tai -paloja ja vettä.



Kuva 3 Koejärjestely tietokoneavusteisessa mittauksessa (Vesterinen).

Työturvallisuus:

- Pue laboratoriotakki ja suojalasit.
- Varo kuumaa keittolevyä ja kuumaa vettä.
- Älä käsittele keittolevyn pistotulppaa märillä käsillä.

Työohje:

- ota pakastimesta lämpömittari, johon on jäädytetty kiinni iso jääpala ja laita se keitinlasiin. Jos käytössä on lämpötilan mittausohjelma antureineen, jääpalaa ei voi jäädyttää kiinni anturiin vaan jäämurska riittää.
- kaada keitinlasiin kylmää vettä niin, että jääpala juuri ja juuri peittyy.
- laita keitinlasi keittolevyille ja ala lämmittää sitä pienimmällä mahdollisella teholla, sekoita vettä lämpömittarin avulla jatkuvasti. Jos käytössä on enemmän aikaa, voit antaa jään sulaa ilman lämmitystä.
- mittaa jääpalan lämpötila 15 sekunnin välein ja merkitse ajat ja lämpötilat muistiin.
- piirrä kuvaaja lämpötilasta ajan funktiona.

Tulosten tulkintaa:

- kuvaile, miten lämpötila käyttäytyy.
- miksi lämpötilan nousu pysähtyy joksikin aikaa?
- missä lämpötilassa tämä tapahtuu?

6.2 Kisällioppiminen

Kisällioppimisella tarkoitetaan Helsingin yliopistossa vuonna 2010 kehiteltyä oppimismenetelmää, jonka keskeisinä osa-alueina toimivat tekemällä oppiminen, yhteisöllisyys ja asiantuntijaksi kasvaminen. Menetelmä on kehitetty tietojenkäsittelytieteen laitoksella ja sitä on sovellettu matematiikan laitoksella vuodesta 2011. (Lahdenperä 2015)

Kisällioppimisen opetusmalli korostaa tekemällä oppimista ja jatkuvan palautteen keskeistä roolia oppimisessa (Vihavainen, Paksula, Luukkainen & Kurhila 2011a). Oppimismalli otettiin positiivisten tutkimustulosten myötä vaiheittain käyttöön ja nykyään oppimismallia on sovellettu lähes kaikkiin matematiikan osaston ensimmäisen vuoden kursseihin.

Kisällioppiminen voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. Ensimmäiseen vaiheeseen kuuluu asian havainnollistaminen, joka voi tapahtua esimerkiksi lukemalla tai luennoitsijaa kuunnellessa. Toisessa vaiheessa opiskelija saa ongelman ratkaistavakseen ja tarvittaessa tukea niiden ratkaisemiseen. Viimeisessä vaiheessa ohjaaja siirtyy pois ja opiskelijan on pystyttävä ammattimaiseen suoritukseen ilman apuja. (Vihavainen, Paksula & Luukkainen 2011b; Vihavainen, Paksula, Luukkainen & Kurhila 2011a)

Henkilökohtainen ohjaus on kautta aikojen osoittautunut tehokkaimmaksi tavaksi oppia, mutta sen kalleuden takia vain harvat pääsevät siitä nauttimaan. Täten kisällioppimismenetelmä, joka on hyvin lähellä henkilökohtaista ohjausta, on osoittautunut hyväksi ja kustannustehokkaaksi. Ohjaajien lisäksi myös vertaiset voivat samassa paikassa opiskellessa auttaa toisiaan. (Lahdenperä 2015) Kisällioppimista on muun muassa tutkittu lukiossa vuonna 2014 ja kokemukset ovat olleet myönteiset (Torkkeli 2015; Tyrylahti 2017).

Kisällioppiminen on todettu hyväksi oppimismenetelmäksi jo yliopistossa ja lukiossa. Perusopetuksen opetussuunnitelmassa korostuu vastuu omasta oppimisesta ja täten kisällioppiminen oppimismenetelmänä sopisi myös ylä-asteen kemian tunneille. Menetelmää voisi käyttää antamalla opiskelijoille kotiläksyksi lukemista seuraavan päivän aiheeseen liittyen ja tunnilla antaa tehtäviä ryhmissä ratkaistavaksi. Olomuodon muutoksen kemiassa on paljon teoriaa ja sen läpikäynti yhdellä tunnilla on haastavaa. Oppilaiden kotona syventyessään aiheeseen, heillä jää tunnilla enemmän aikaa tehtävien tekemiseen ja siten saa enemmän tukea ymmärtämiseen.

6.3 Käsitepiirroksset

Käsitepiirroksella (*concept cartoons*) tarkoitetaan kuvaa, jossa yleensä kolmesta neljään hahmoa esittää väittämiä jostakin luonnontieteellisestä käsitteestä tai ilmiöstä. Kyseinen käsite tai ilmiö on monesti kuvattu hahmojen keskelle tai hahmojen tausta antaa viitteistä käsiteltävään asiaan. Usein yhden hahmon väite vastaa tieteellistä tietoa ja muiden hahmojen väitteet oppilailla todettuja vaihtoehtoisia käsityksiä. Oppilaiden pitää valita hahmoista yksi, jonka väittäjä kuvaa hänen mielestään parhaiten kuvan käsitettä tai ilmiötä. (Keogh & Naylor 1999; Naylor & Keogh 2013)



Kuva 4 Käsitepiirros olomuodon muutoksesta. Sama kuva on suurempana liitteessä 1. (©Suvi-Maria Hautala)

Kuvan hahmot eivät anna ilmeillään tai eleillään mitään vinkkejä siitä, mikä väittämistä on oikein, eikä opettaja saa korostaa mitään väitettä. Kun mitään väitettä ei korosteta muiden kustannuksella, epävarmimmatkin oppilaat uskaltavat osallistua keskusteluun, sillä heidän kannattamansa väite on samanarvoinen muiden väitteiden kanssa. (Naylor & Keogh 2013)

Joskus käsitepiirroksen jätetään yksi puhelukupla tyhjäksi, jotta oppilaat voivat esittää myös omia ideoitaan kuvan

aiheesta. Tyhjän puhekuplan on tarkoitus muistuttaa oppilaita siitä, että hahmojen väitteet eivät välttämättä kata kaikkia näkemyksiä kuvan aiheesta, ja siten kannustaa oppilaita esittämään omia näkemyksiä kuvan käsitteestä. Joskus myös useampi kuin yksi hahmo voi esittää tieteellistä tietoa vastaavan väittämän. (Keogh & Naylor 1999; Naylor & Keogh 2013)

Oppilaat kokevat käsitepiirrokset positiivisina, visuaalisina ja hyödyllisinä. Käsitepiirrokset myös lisäsivät erityisesti ujojen ja arkojen oppilaiden aktiivisuutta. Käsitepiirrokset myös saattavat parantaa joidenkin oppilaiden motivaatiota ja asennetta kemiaa kohtaan. Käsitepiirrosten ei ole todettu heikentävän oppilaiden motivaatiota tai asennetta kemiaa kohtaan. Kun käsitepiirroksia käytetään usein, ne auttavat oppilaita yhdistämään kemiaa arkielämäänsä. Oppilaat myös kokevat käsitepiirrosten helpottavan opettajan kysymyksiin vastaamista. (Isometsä 2017; Keogh & Naylor 1999)

Käsitepiirroksia voidaan käyttää muun muassa (Keogh & Naylor 1999):

- luomaan keskustelua luokassa,
- haastamaan oppilaiden ajattelua,
- vahvistamaan ja laajentamaan käytössä olevaa materiaalia,
- auttamaan suomea heikosti puhuvien opettamista,
- kartoittamaan oppilaiden vaihtoehtoisia käsityksiä,
- auttamaan oppilaita muodostamaan kysymyksiä opiskeltavasta aiheesta,
- aiemmin opitun asian kertaamiseen.

Opettajien kannalta käsitepiirrosten käyttöön ottaminen on helppoa, sillä ne eivät vaadi suuria materiaalisia resursseja. Opettajan ei tarvitse itse osata piirtää, vaan hän voi kasata käsitepiirrokset internetistä ottamistaan kuvista. (Isometsä 2017) Jos opettaja tekee valitsemallaan tavalla itselleen yhden pohjan, jossa on hahmot ja niille puhekuplat, hän voi helposti ja nopeasti tehdä kuvia lisää vaihtamalla keskellä olevan kuvan ja hahmojen väittämät.

Liitteessä 1 on olomuodon muutoksen opetukseen sopivia käsitepiirroksia. Kuvat 7 ja 8 on suunniteltu käytettäväksi yllä kuvatun kokeellisen työn tuloksista keskustelemisen tueksi. Jos koe on tehty jääpalalla, johon on jäädytetty lämpömittari, kannattaa hyödyntää kuvaa 7. Jos koe on tehty jäämurskalla, kannattaa hyödyntää kuvaa 8.

7. Arviointivinkkejä

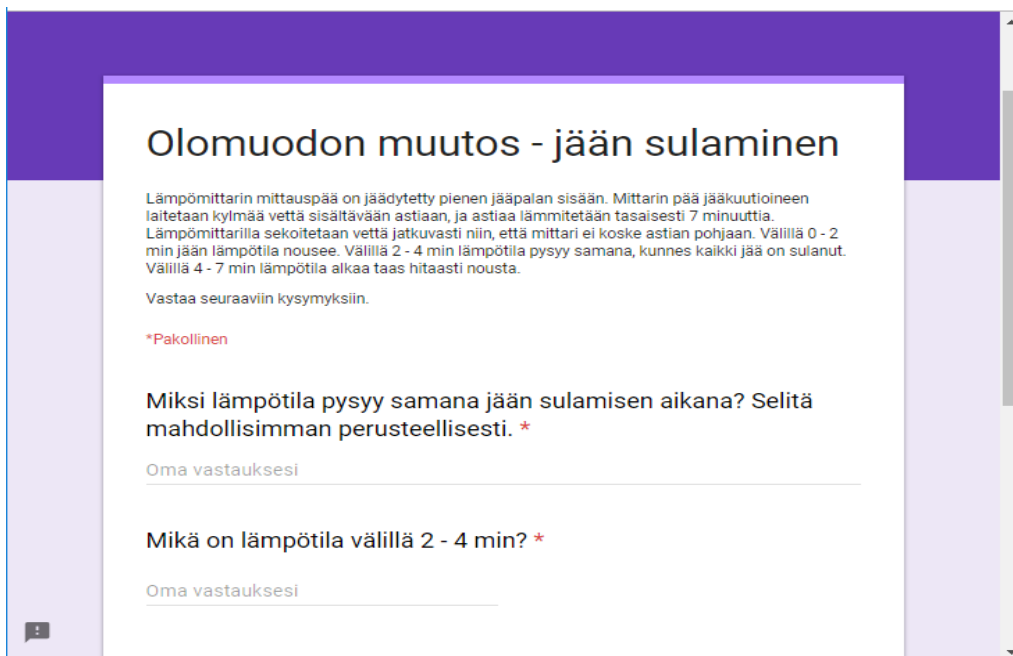
Perusopetuslain mukaan arvioinnin tehtävänä on ohjata ja kannustaa opiskelua ja kehittää oppilaan kykyä itsearviointiin, ja oppilasta tulee arvioida monipuolisesti (Perusopetuslaki 22§). Opetussuunnitelma muistuttaa lisäksi, että monipuolinen arviointi ja siihen liittyvä ohjaava palaute ovat opettajien tärkeimmät keinot oppilaiden kokonaisvaltaisen kehityksen ja oppimisen tukemiseen. (POPS 2014)

Arviointia tunnetaan useita eri tyyppejä, on diagnostista, formatiivista ja summatiivista arviointia sekä itse- ja vertaisarviointia. Koska arvioinnin tulee lain ja opetussuunnitelman mukaan olla monipuolista, lienee syytä käyttää tätä arvioinnin palettia mahdollisimman laajasti. Käydään siis tässä läpi arvioinnin päätyypit ja pohditaan, miten olomuodon muutoksen oppimista voisi arvioida eri tavoin.

7.1 Diagnostinen arviointi

Diagnostinen arviointi tarkoittaa oppilaan osaamisen arviointia ennen varsinaista oppimistapahtumaa. Tämä tehdään usein pienellä alkutestillä, joka voi olla paperimuodossa tai sähköinen.

[Täältä](#) löytyy yksinkertainen esimerkki diagnostisesta testistä, jonka teimme tätä työtä varten.



The image shows a screenshot of a diagnostic test interface. The title is "Olomuodon muutos - jään sulaminen". The text describes an experiment: "Lämpömittarin mittauspää on jäädytetty pienen jääpalan sisään. Mittarin pää jääkuutioineen laitetaan kylmää vettä sisältävään astiaan, ja astiaa lämmitetään tasaisesti 7 minuuttia. Lämpömittarilla sekoitetaan vettä jatkuvasti niin, että mittari ei koske astian pohjaan. Väliillä 0 - 2 min jään lämpötila nousee. Väliillä 2 - 4 min lämpötila pysyy samana, kunnes kaikki jää on sulanut. Väliillä 4 - 7 min lämpötila alkaa taas hitaasti nousta." Below the text, there is a question: "Vastaa seuraaviin kysymyksiin." followed by a red asterisk and the word "Pakollinen". The first question is "Miksi lämpötila pysyy samana jään sulamisen aikana? Selitä mahdollisimman perusteellisesti. *". Below it is a text input field labeled "Oma vastauksesi". The second question is "Mikä on lämpötila väliillä 2 - 4 min? *". Below it is another text input field labeled "Oma vastauksesi". There is a small chat icon in the bottom left corner.

Kuva 5 Diagnostinen testi olomuodon muutoksen opettamisen tueksi.

Avoin kysymys mittaa usein osaamista monipuolisemmin ja tarjoaa enemmän tietoa kuin monivalintatesti, mutta toki vaatii opettajalta usein enemmän työtä. Samanlaisen testin vähän

muokattuna voi tehdä myös tunnin tai kurssin jälkeen, jolloin saadaan selville, kuinka paljon asiasta on opittu.

7.2 Formatiivinen arviointi

Pääosa opintojen aikana tapahtuvasta arvioinnista on luonteeltaan formatiivista eli jatkuvaa arviointia. Arviointi ja siihen perustuva palautteen antaminen toteutetaan osana päivittäistä opetusta ja se vaatii opettajalta vuorovaikutusta oppilaan kanssa. Käytännössä formatiivinen arviointi on pitkälti opettajan ohjausta ja palautetta, joka sisältyy luontevasti kaikkeen luokkahuonetyöskentelyyn: laboratoriotöihin, tehtäviin ja ryhmitöihin ja niin edelleen. (POPS 2014)

Olomuodon muutokseen liittyvä formatiivinen arviointi on yksinkertaisimmillaan opettajan oppilaan kanssa käymää opetuskeskustelua olomuodon muutokseen liittyvän laboratoriotyön aikana. Opettaja kysyy oppilailta työn eri vaiheissa kysymyksiä, esimerkiksi pyytää oppilasta kuvailemaan, mitä jään sulaessa tapahtuu. Oppilas vastaa, ja opettaja ohjaa oppilaan ajattelua oikeaan suuntaan antamallaan palautteella. Oppitunnilla jatkuvaan arviointiin kuuluu myös kotitehtävien tarkastus ja opettajan luokalle niistä esittämät kysymykset.

7.3 Summatiivinen arviointi

Summatiivinen arviointi tarkoittaa yksinkertaisimmillaan perinteistä paperikoetta. Alla on hyvin yksinkertainen esimerkki oikeasta 7-luokan koetehtävästä olomuodon muutokseen liittyen. Kysytään siis asiaan liittyviä termejä, joiden osaaminen on tärkeää myöhemmissä kemian opinnoissa.

4) a) Täydennä viivoille olomuodonmuutosten nimet. b) Millä nimillä kutsutaan lämpötiloja, joissa olomuodon muutokset tapahtuvat?

kaasu

_____ ↑ ↓ _____

neste

_____ ↑ ↓ _____

kiinteä

/6

Kuva 6 Esimerkki olomuodon muutokseen liittyvästä koetehtävästä.

Kemian opetussuunnitelman mukaan opetuksen lähtökohtana on ilmiöiden havainnointi ja tutkiminen, joilla on oleellinen merkitys käsitteiden sisäistämisessä. Koska kokeellisuus asetetaan suorastaan opetuksen lähtökohdaksi, on summatiivisissa kokeissakin syytä testata myös tehtyjen laboratoriotöiden ymmärtämistä. Tällöin voidaan kokeessa kysyä tärkeintä asiaa tunnilla tehdyistä laboratoriotöistä. Olomuodon muutokseen liittyen tunnilla on voitu tehdä koe, jossa jääpalaa

lämmitetään astiassa, kunnes kaikki jää on sulanut ja mitataan lämpötilaa. Kokeessa voidaan kysyä sitten ylläolevan diagnostisen testin tavoin, miksi lämpötila pysyy samana sulamisen aikana.

Toki laboratoriotöihin liittyvien käsitteiden ymmärtämisen testaaminen voidaan tehdä myös palautettavilla laboratoriomonisteilla, joilla varmistetaan käsitteiden oppiminen. Tällöin täytyy kuitenkin jotenkin varmistua siitä, että oppilas on todella ymmärtänyt asian eikä vain kopioinut tekstiä kaveriltaan. Tämä voidaan hoitaa lyhyellä palautekeskustelulla oppilaan kanssa ja seuraamalla laboratoriotöiden aikana oppilaiden työskentelyä ja ymmärryksen kehittymistä.

7.4 Itse- ja vertaisarviointi

Perusopetuslaki mainitsee arvioinnin yhdeksi päätehtäväksi oppilaan harjoittamisen itsearviointiin, joten se on erittäin tärkeä osa arviointia. Itsearvioinnin toteuttamiseen ei tarvita välttämättä erillisiä lomakkeita tai työkaluja. Sitä voi toteuttaa vaikkapa pyytämällä oppilaan arvioimaan osaamistaan summatiivisessa kokeessa sekä sen jälkeen koetta palautettaessa. Näin voi tehdä myös yllä esitetyn koetehtävän tapauksessa. Opettaja voi koetilanteessa antaa ohjeen, että oppilas arvioi saamansa pistemäärän tehtävästä ja koetta palautettaessa vertaa tätä opettajan antamaan pistemäärään. Tämä opettaa oppilasta arvioimaan omaa osaamistaan vähitellen yhä tarkemmin.

Itsearviointia voi toteuttaa myös erillisillä kysymyksillä diagnostisen testin tai kokeen yhteydessä. Tehtävänä voi olla esimerkiksi väitteitä kuten ”Hallitsen olomuodon muutokseen liittyvät käsitteet ja ymmärrän olomuodon muutoksen ilmiönä”, ja näihin liittyen oppilaan pitää rastittaa omaa osaamistaan kuvaava kohta.

Vertaisarviointi on haasteellista yläkoulussa oppilaiden kemian tietojen ja taitojen sekä ajattelun kehityksen suuren hajonnan takia. Murrosikäiselle oman oppimisen asettaminen alttiiksi luokkatoverien arvioinnille voi olla kova paikka, eikä välttämättä edistä oppimista. Esimerkiksi työraporttien ja laboratoriotyöskentelyn arvioinnissa vertaisarviota voisi kuitenkin käyttää opettajan valvonnassa, jolloin arvioidaan siis vain tuotosta tai työskentelyä, ei oppimista. Ryhmätyössä ryhmä voi myös keskenään arvioida, kuinka suurella osuudella kukin ryhmän jäsen osallistui työhön, ja opettaja voi käyttää tätä tietoa apuna arvioinnissa.

8. Tapaustutkimus yliopisto-opiskelijoiden olomuodon muutoksen osaamisesta

Tapaustutkimuksen tarkoituksena on tuottaa tietoa jostain tietyistä rajatusta tapauksesta. Tapaustutkimuksen avulla halutaan ymmärtää tarkemmin valittua tapausta tietyssä kontekstissa. Tapaustutkimuksen tuloksia ei yleensä voida yleistää koskemaan laajempaa tapausta, eikä se ole sen tarkoitukseen. (Jyväskylän yliopisto)

8.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksella halutaan kartoittaa, olisiko suunniteltua kokeellista työtä mahdollista käyttää oppilaiden vaihtoehtoisten käsitysten muokkaamiseen. Toisaalta vertaisille tehdyssä tutkimuksessa vastauksiin voi vaikuttaa myös se, että vertainen on kokeellisen työn lomassa selittänyt, miksi jään lämpötila pysyy vakiona sulamisen aikana. Näiden tavoitteiden seurauksena tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Kuinka kokeellinen työ vaikutti opiskelijoiden käsitykseen siitä, muuttuuko jään lämpötila sulamisen aikana ja miksi niin ei käy.
2. Vaikuttiko jonkin muu (esimerkiksi keskustelu vertaisen kanssa) opiskelijan käsitykseen siitä, miksi jään lämpötila pysyy vakiona sulamisen aikana.

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen pyritään saamaan vastaus kysymällä opiskelijoilta sekä ennen koetta että sen jälkeen muuttuuko jään lämpötila sulamisen aikana ja perustelut esitetylle väitteelle. Tähän käytettiin diagnostisen arvioinnin yhteydessä esiteltyä testiä. Toiseen tutkimuskysymykseen pyritään saamaan vastaus erillisellä kyselyllä, jossa kartoitetaan mitkä seikat vaikuttivat opiskelijan käsityksen mahdolliseen muuttumiseen. Molemmat kyselyt toteutettiin verkkokyselyinä.

8.2 Tulokset

Tapaustutkimus suoritettiin Helsingin yliopistossa ja tutkimukseen osallistui 10 yliopiston opiskelijaa. Opiskelijoiden vaihtoehtoisten käsitysten kartoituksessa tuli esiin oheisia väittämiä.

Vastaukset kysymykseen “Miten lämpötila muuttuu jään sulaessa? Perustelee” ennen kokeellisen työn suorittamista.

Lämpötila ei muutu olomuodon muuttuessa
Minkä lämpötila?
Sulaessa jään lämpötila ei muutu, ainoastaan syntyvän nestemäisen veden lämpötila nousee
Nousee. Jään kolmiulotteinen muodon sodokset katkeavat.
Jään lämpötila pysyy negatiivisena kunnes sulaa.

Lämpötila kasvaa. Jää on miinus-asteita ja alkaa sulamaan 0 asteessa. (4 asteen kohdalla lämpötilan muutos vaihtuu jyrkemmäksi).
Jään lämpötila pysyy nollassa kunnes kaikki jää on sulanut. Sen jälkeen lämpötila alkaa taas nousta.
Vesi lämpenee
Jään sulamisessa vapautuu energiaa, eli lämpötila laskee

Vastaukset kysymykseen "Miten lämpötila muuttuu jään sulaessa? Perustelee" kokeellisen työn suorittamisen jälkeen.

Lämpötila pysyy samana olomuodon muutoksen aikana.
Jään lämpötila pysyy negatiivisena kunnes sulaa.
Vesi lämpenee
Lämpötila ei muutu olomuodon muutoksen aikana
Lämpötilan muutos tapahtuu vasta kun kaikki aine on muuttanut muotoaan
Olomuodon muutoksen ajan pysyy samana, nousee kun jää sulanut
Lämpötila pysyy 0 kunnes jää on sulanut.
Jään sulaminen sitoo aluksi energiaa ja lämpötila ei muutu. Vasta 4 min kohdalla alkaa lämpenemään jyrkästi.
Ensin pysyy pitkään samassa lämpötilassa kunnes kuvaaja lähtee pienellä viiveellä jyrkkään nousuun. Sulaminen on endoterminen reaktio? Eli sitoo lämpö ja lämpötila pääsee nousemaan vasta kun jää on sulanut.
Se ei muutu, koe kertoi niin.
Ilmeisesti veden lämpötila? Se pysyy samana kunnes jää on sulanut. Jään sulaminen on endoterminen reaktio.

Ennen yhteistä läpikäyntiä opiskelijat vastasivat, mikä muutti heidän tietoa olomuodon muutoksesta. Vastauksista on poistettu niiden opiskelijoiden vastaukset, jotka eivät muuttaneet käsitystään.

"Jos muuttit vastaustasi kysymykseen, "Miten lämpötila muuttuu jään sulaessa?", niin vaikuttiko siihen enemmän kokeellinen työ vai keskustelu kaverin kanssa."

Sain tarkempaa infoa asiaan, vaikka tiesinkin jo vastauksen
Molemmat
Kokeellinen työ ja erityisesti kuvaajan tulkitseminen.
Keskustelu kaverin kanssa. Työ myös osoitti.

Tutkimuksen päätteeksi opiskelijat vastasivat kysymykseen, “Mitkä vaiheet vaikuttivat mielestäsi käsityksesi olomuodon muutoksesta ?”

Vastaukseen sai valita niin monta kohtaa kuin halusi.

Kolme opiskelijaa kymmenestä (30%) vastasi, että kokeellinen työ vaikutti käsitykseen.

Viisi opiskelijaa kymmenestä (50%) vastasi, että vertaisen kanssa keskustelu vaikutti käsitykseen.

Neljä opiskelijaa kymmenestä (40%) vastasi, että kokeellisen työn yhteinen läpikäynti vaikutti käsitykseen.

Taulukko 3 Yhteenveto tapaustutkimuksen tuloksista..

	Ennen kokeellista työtä	Kokeellisen työn jälkeen
Oikein vastanneet	3	8
Olomuodon muutoksen aikana systeemissä kaksi erisuurta lämpötilaa (jää ja vesi)	2	1
Lämpötila nousee, kun jää sulaa	3	1
Ei vastannut kysymykseen	2	0

8.3 Pohdintaa tapaustutkimuksen tuloksista

Tapaustutkimuksen perusteella kokeellinen työ vaikutti positiivisesti vaihtoehtoiisiin käsityksiin, sillä kokeellisen työn jälkeen lähes kaikki vastasivat oikein. Tuloksia on haastavaa tulkita ja usein vastauksista käy ilmi sekä oikea vastaus, että vaihtoehtoinen käsitys. Täten ohessa oleva taulukko on vain suuntaa antava. Tutkimuksesta selvisi, että usein opiskelijat eivät tajua olomuodon muutoksen aikana koko systeemin olevan samassa lämpötilassa. He kuitenkin usein ymmärtävät, ettei olomuodon muutoksen aikana lämpötila muutu.

Tapaustutkimuksen avulla huomattiin myös, että kokeellista työtä enemmän opiskelijoiden käsitykseen vaikuttivat niin vertaisten kanssa keskustelu kuin kokeellisen työn yhteinen läpikäynti. Yhteisen läpikäynnin vaikutus oli toivottavaa ja vertaisten vaikutus oletettavaa. Vertaisten kanssa keskustelu käytiin kokeellista työtä tehdessä ja vaikei tapaustutkimuksen tuloksia voidakaan yleistää, on opettajan muistettava, että opetuksen lisäksi kavereiden kanssa keskustelu kokeellisen työn aikana voi vaikuttaa oppilaan käsitykseen ilmiöstä.

9. Johtopäätökset

Olomuodon muutos on arkipäiväinen, mutta varsin abstrakti ilmiö, ja siihen on havaittu liittyvän monenlaisia vaihtoehtoisia käsityksiä. Varsinkin yläkoululaisilla oli vaikeuksia erottaa toisistaan aivan peruskäsitteitä, kuten lämpöä ja lämpötilaa. Oppilaille tuotti myös vaikeuksia ymmärtää, mitä kiehumisessa syntyvät kuplat ovat. Niiden saatettiin luulla sisältävän kuumaa ilmaa, vetyä tai happea. Tätä taustaa vasten on helppo ymmärtää, että olomuodon muutoksen oppiminen voi olla hyvin haastavaa.

E-oppaan yhteydessä toteutetun tapaustutkimuksen ja tutkimuskirjallisuuden perusteella havaittiin, että lämpötilan pysyminen vakiona olomuodon muutoksen aikana oli haastava ymmärtää. Tapaustutkimuksen perusteella asia ei ollut selvä edes kaikille kemian opettajaopiskelijoille. Tätä taustaa vasten onkin hämmästyttävää, ettei asiaa käsitellä ollenkaan yläkoulun kemian oppikirjoissa olomuodon muutoksen yhteydessä. Opettaja toki saa käsitellä asioita kirjan ulkopuolelta, ja asiaa voidaan pohtia yhdessä oppilaiden kanssa tunnilla esimerkiksi tässä oppaassa esitellyn kokeellisen työn avulla.

Kolmelle yläkoulun oppikirjalle tehdyssä sisällön analyysissä huomattiin, että olomuodon muutosta käsitellään niissä varsin teoreettisesti. Opetussuunnitelman perusteiden mukaan tutkiminen ja havainnointi ovat kuitenkin koko opetuksen lähtökohtia (POPS 2014), joten on erittäin perusteltua käyttää kokeellisuutta osana olomuodon muutoksen opetusta. Käsitteellisen ymmärryksen tukemiseen voidaan käyttää tässä oppaassa annettuja käsitekuvia.

Kokeellinen opetus voidaan toteuttaa esimerkiksi tässä oppaassa kuvatun kokeellisen työn avulla. Kokeen yhteydessä voi piirtää kuvaajan, josta lämpötilan kehittymisen sulamisen aikana näkee selkeästi. Tämä koe olisi syytä tehdä jo yläkoulussa huolellisesti läpi käyden ja keskustellen. Näin vaihtoehtoisiin käsityksiin päästäisiin vaikuttamaan mahdollisimman aikaisin.

Vaihtoehtoisten käsitysten on todettu olevan hyvin pysyviä ja niihin on vaikea vaikuttaa pelkällä luennoivalla opetuksella. Sen sijaan pitäisi käyttää monipuolisia opetusmenetelmiä ja erilaisia työtapoja, joiden avulla oppilaat saataisiin ajattelemaan asiaa itse. Tässä oppaassa esiteltiin kolme erilaista työtapaa, joiden tarkoituksena on herättää keskustelua luokassa ja saada oppilaat prosessoimaan tietoa itse, sillä vain siten he voivat muuttaa omia vaihtoehtoisia käsityksiään kohti tieteellistä tietoa.

Viitteet

- Abraham, M. R., Williamson, V. M., & Westbrook, S. L. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), 147-165.
- Ahtee, M. 1998. *Luonnontieteiden opettaminen ja konstruktivismi*. Teoksessa Lavonen, J. & Erätuuli, M. (toim.) *Tuulta purjeisiin- Matemaattisten aineiden opetus 2000-luvulle*, Jyväskylä, Atena Kustannus, 138-153
- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Science education. drawing to learn in science. *Science (New York, N.Y.)*, 333(6046), 1096-1097. doi:10.1126/science.1204153 [doi]
- Anon. 2015. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014, Opetushallitus, Juvenes Print - Suomen Yliopistopaino Oy, Tampere
- Bar, V., & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4), 363-382.
- Garnett, P. J., Garnett, P. J., & Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 3-24) Springer.
- Halloun, I. A. & Hestenes, D. 1985. Common sense concepts about motion. *American journal of physics* 53: 1056-1065.
- Hautala, M. (2012). Oppilaiden visuaaliset representaatiot kiehumisessa.
- Ikonen, M., Tuomisto, M., Termonen, M. & Perkkalainen, P. (2009), *Ilmiö Kemian oppikirja 7-9, Tammi*, 1-2. painos
- Isometsä, P. (2017). Oppilaiden kokemuksia käsitepiirroksista kemian opetuksessa ja niiden vaikutus oppilaiden opiskelumotivaatioon.
- Jyväskylän yliopisto, Tapaustutkimus, luettavissa
<https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/metelmapolkuja/metelmapolku/tutkimusstrategiat/tapaustutkimus>
viitattu 3.12.2018
- Kangaskorte, A., Lavonen, J., Pikkarainen, O., Saari, H., Sirviö, J., Vakkilainen, K-M. & Viiri, J., (2016), *FYKE Kemia 7-9, Sanoma Pro Oy*, 1. painos
- Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: An evaluation. *International Journal of Science Education*, 21(4), 431-446.
- Lahdenperä, J. (2015). Opiskelijoiden matemaattinen osaaminen tehostetun kisällioppimisen menetelmässä.
- Lavonen, Meisalo et al., Olomuodot ja niiden muutokset, luettavissa
<http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/mbl/lampo/olomuodot.htm>, viitattu 2.12.2019
- Mikkonen, A., Olomuodot ja olomuotojen muutokset, Internetix, luettavissa
<http://materiaalit.internetix.fi/fi/opintojaksot/5luonnontieteet/kemia/kemia1/olomuodot>, viitattu 3.12.2019

- Muilu, H. & Virtanen, T. (2016), Titaani Kemia 7-9, *Otava*, 1. painos
- Naylor, S., & Keogh, B. (2013). Concept cartoons: What have we learnt? *Journal of Turkish Science Education*, 10(1)
- Perusopetuslaki 628/1998, luettavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1998/19980628>, viitattu 9.11.2018
- Rusanen, A-M. & Lappi, O. 2014a. *Käsitteellisen muutoksen lyhyt historia*. Teoksessa Rusanen, A-M., Koponen, I. T. & Lappi, O. (toim.) *Käsitteellinen muutos ja sen mallit*, Helsinki, Unigrafia. 7-16
- Rusanen, A-M. & Lappi, O. 2014b. *Mitä on käsitteellinen muutos?* Teoksessa Rusanen, A-M., Koponen, I. T. & Lappi, O. (toim.) *Käsitteellinen muutos ja sen mallit*, Helsinki, Unigrafia. 17-23
- Torkkeli, M. (2015). Opiskelijoiden kokemukset matematiikan tehostetussa kisällioppimisessä lukiossa.
- Tynjälä, P. (1999). *Oppiminen tiedon rakentamisena : Konstruktivistisen oppimiskäsityksen perusteita*. Helsinki: Kirjayhtymä.
- Tyrylähti, J. (2017). Opiskelijoiden motivaatiotekijät yksilölliseen oppimiseen sekä motivaatiotekijät ja mieltymykset tehostettuun kisällioppimiseen lukion matematiikan pitkässä oppimäärässä.
- Vesterinen, V-M., Kysymykset tiedonhankinnan lähtökohtana, luettavissa <http://luma.utu.fi/kemia/>, viitattu 28.11.2019
- Vihavainen, A., Paksula, M., Luukkainen, M., & Kurhila, J. (2011a). Extreme apprenticeship method: Key practices and upward scalability. Paper presented at the *Proceedings of the 16th Annual Joint Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*, 273-277.
- Vihavainen, A., Paksula, M., & Luukkainen, M. (2011b). Extreme apprenticeship method in teaching programming for beginners. Paper presented at the *Proceedings of the 42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, 93-98.
- Vosniadou, S., Skopeliti, I., & Ikospentaki, K. (2005). Reconsidering the role of artifacts in reasoning: Children's understanding of the globe as a model of the earth. *Learning and Instruction*, 15(4), 333-351.

Liitteet

Liite 1: Käsitekuvat

Miksi jään lämpötila ei muutu, kun se sulaa?



Kuva 7 Sulamiseen liittyvä käsitekuva. (Jos kokeellinen työ tehdään käyttäen lämpömittariin jäädytettyä jääpalaa, tulosten käsittelyyn voi käyttää tätä kuvaa.) (©Suvi-Maria Hautala)

Miksi veden lämpötila ei muutu, kun jää sulaa?



Kuva 8 Sulamiseen liittyvä käsitekuva. (Jos kokeellinen työ tehdään käyttäen jäämurskaa tai -paloja, tulosten käsittelyyn voi käyttää tätä kuvaa.) **Huom!** Orava puhuu energian kulumisesta, eikä sen väite ole siksi oikein! (©Suvi-Maria Hautala)



Kuva 9 Kiehumiseen liittyvä käsittekuva. (©Suvi-Maria Hautala)



Kuva 10 Käsitekuva olomuodoista. (©Suvi-Maria Hautala)



Kuva 11 Käsitekuva olomuotojen muutoksesta. (©Suvi-Maria Hautala)