

Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän edut ja haasteet lukion kemian opetuksessa

Pro gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

21.9.2021

Juho Enäkoski

Tiivistelmä

Tässä tutkielmassa verrattiin ongelmaperustaista opetusmenetelmää opettajajohtoiseen opetusmenetelmään ja tunnistettiin kummankin käytön etuja sekä haasteita lukio-opetuksessa. Opetusmenetelmiä tutkittiin kemian oppiaineen sisällä spektroskopian aiheen opetuksessa. Tutkimus tapahtui suomalaisessa lukiossa, jonka kahdesta eri KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssia suorittavasta oppilasryhmästä muodostuivat varsinaiset tutkimusryhmät. Tutkimuksessa selvitettiin, miten ja missä määrin ongelmaperustainen opetusmenetelmä poikkeaa opettajajohtoisesta opetusmenetelmästä lukion kemian opetuksen välineenä. Tutkimuksessa keskityttiin erityisesti opetusmenetelmien tuottamiin oppimistuloksiin, niin työ- kuin säilömuistinkin suhteen, mutta myös opetusmenetelmien vaikutuksiin lukiolaisten oppimismotivaatiossa. Näiden lisäksi tunnistettiin opetusmenetelmien erillisiä tutkimuksen aikana pinnalle nousseita etuja sekä haasteita suhteessa toisiinsa.

Tutkielma koostui sekä kirjallisesta että käytännön osasta. Kirjallisessa osassa käsiteltiin tutkimuksessa tarkasteltavien opetusmenetelmien ja opetettavan aiheen lisäksi kognitiiviskonstruktivistista oppimiskäsitystä, jolle nykyopetus pääasiassa perustuu sekä oppimismotivaation ilmiötä. Näillä luotiin kokeellista osaa tukeva viitekehys. Kokeellinen osa sisälsi kuvauksen tutkimuksen kohderyhmästä, tutkimuksessa käytetyistä välineistä sekä menetelmistä, ja yksityiskohtaisemman selityksen tutkimuksen etenemisestä. Tutkimuksen kohderyhmät olivat suomalaiset lukiolaiset ja lukion opettajat. Tutkimusmenetelminä hyödynnettiin kehittämis- ja kyselytutkimusta sekä sisällönanalyysia ja tilastollista analyysia. Näiden lisäksi kokeelliseen osaan sisältyi tutkimustulosten esittäminen ja niiden analyysi sekä niistä tehdyt johtopäätökset.

Tutkimuksen tulosten perusteella ongelmaperustainen opetusmenetelmä tuki lukioikäisten oppilaiden sisäsyntyistä oppimismotivaatiota selvästi opettajajohtoisesta opetusmenetelmästä paremmin. Toisaalta ongelmaperustainen opetusmenetelmä aiheutti opettajalle suuremman työmäärän kuin opettajajohtoinen opetusmenetelmä. Tutkimustulokset myös osoittivat, että ongelmaperustaisella opetusmenetelmällä voidaan lukion kemian opetuksessa saada aikaan parempia oppimistuloksia lyhyellä aikavälillä kuin opettajajohtoisella opetusmenetelmällä, vaikka opettajajohtoinen opetusmenetelmä nähdäänkin perinteisesti ongelmaperustaista opetusmenetelmää tehokkaampana välineenä tiedon työmuistiin säilömisessä.

Esipuhe

Suoritettuani muut kemian maisterivaiheen opinnot, aloitin pro gradu -tutkielmani työstämisen syksyllä vuonna 2020. Tutkielma suoritettiin osana Jyväskylän yliopiston kemian laitoksen tarjoamaa kurssia KEMS9500, vaikka siitä uudempi versio – KEMS9550 – oli jo olemassa. Työtäni ohjasi yliopistonopettaja Jouni Välisaari.

Tutkielmassa käsittelemäni aihe oli erittäin poikkitieteellinen, mikä mahdollisti oman erikoistumiseni ulottuvuuksien monipuolisen hyödyntämisen ja jalostamisen tutkielmani työstämisessä. Käsittelemiini opetusmenetelmiin liittyi vahvasti kasvatustieteellisen ulottuvuuden lisäksi paljon psykologisia faktoreita, joista olin syvästi kiinnostunut, ja joita olin opiskellut. Opetusmenetelmien ja ylipäänsä opetuksen kognitiiviskonstruktivistisen liittymäkohdan ansiosta nämä kehityspsykologiset ulottuvuudet nousivat tutkielmassani oleellisiksi ja pääsin hyödyntämään niiden osaamistani. Tämä kognitioon perustuva elementti toi myös neurobiologian osaksi tutkimustani, erityisesti muistin toiminnan käsittelyn yhteydessä. Opetettava aihe liittyi luonnollisesti lisäksi kemiaan, jolloin oman pääaineeni sisällöt ja arvot nousivat keskeisen tärkeiksi. Kaiken kaikkiaan pääsinkin siis hyödyntämään kasvatustieteen ja kemian lisäksi psykologian ja biologian osaamistani melko tasapainoisesti läpi koko tutkielman toteutuksen ja työstämisen.

Tutkielmani sattui myös ikävästi keskelle koronapandemiaa, joka loi rajoitteita niin työn suoritukselle kuin muullekin elämälle tuohon aikaan. Vahvasta mielenkiinnostani huolimatta, toistuvat karanteenit aiheuttivat ajoittaisesti opiskeluun ja oikeastaan kaikkeen muuhunkin tekemiseen liittyvää motivaatiopulaa, minkä vuoksi tutkielmani valmistuminen venyi hieman seuraavan lukuvuoden puolelle syksyyn 2021.

Erityisesti tähän liittyen haluan kiittää ohjaajaani Jouni Välisaarta rennosta ja tilannetekijät huomioivasta, mutta samalla asiantuntevasta ohjauksesta. Jounin työskentelyyni liittyvät kommentit ja ohjaus eivät nimittäin koskaan tuntuneet painostavilta tai hoputtavilta, vaikka oma työetiikkani aiheutti tutkielman valmistumisen pitkittyessä ajoittain itsessäni turhautumisen ja kärsimättömyyden tuntemuksia. Rennosta otteestaan huolimatta Jouni antoi hyvin tarkkaa ja täsmällistä palautetta, joka auttoi minua eteenpäin ja antoi usein uusia näkökulmia käsittelemiini aiheisiin. Jounilta saamani palaute saapui myös aina pikaisesti ja viestintä hänen kanssaan oli vaivatonta. Tuntuikin, että hän oli aidosti kiinnostunut työstäni, mikä paransi ja ylläpiti mielekästä sekä motivoivaa työskentelyilmapiiriä tutkielmani edetessä.

Kiitän myös perhettäni mielenkiinnon osoittamisesta tutkielmaani kohtaan ja siihen syvällisestä perehtymisestä sekä vinkkien antamisesta.

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ	I
ESIPUHE.....	II
SISÄLLYSLUETTELO	IV

KOKEELLINEN OSA

1 JOHDANTO.....	1
2 OPETTAJAJOHTOINEN OPETUSMENETELMÄ.....	1
3 ONGELMAPERUSTAINEN OPETUSMENETELMÄ	6
3.1 OPETUSMENETELMÄN TAUSTAA	6
3.2 ONGELMAPERUSTAISUUS	8
3.3 OPPILAAN ROOLI.....	12
3.4 OPETTAJAN ROOLI.....	13
3.5 RYHMÄTYÖSKENTELY.....	18
4 KOGNITIIVISKONSTRUKTIVISTINEN OPPIMISKÄSITYS	21
4.1 KOGNITIIVISEN TIEDON RAKENTUMINEN.....	21
4.2 KOGNITIIVISEN KEHITYKSEN VAIHEET	23
4.3 KONSTRUKTIVISTINEN KEHITYSTEORIA NYKYOPETUKSESSA	24
4.4 KONSTRUKTIVISMI ERI OPETUSMENETELMISSÄ.....	25
5 OPPIMISMOTIVAATIO	26
5.1 MOTIVAATION LUONNE.....	27
5.2 KOKEMUSPERÄISYYS MOTIVAATIOSSA	28
5.3 EMOTIONAALISET TILAT MOTIVAATIOSSA.....	31
5.4 SOSIAALISEN YMPÄRISTÖN VAIKUTUS MOTIVAATIOON	36
5.5 OPPIMISMOTIVAATION PROSESSI.....	40
6 SPEKTROMETRIA	41
6.1 MASSASPEKTROMETRIA.....	41
6.2 IR-SPEKTROMETRIA	44
7 SPEKTROMETRIA JA ONGELMAPERUSTAISUUS LUKIOSSA.....	48

7.1 LUKION OPETUSSUUNNITELMAN PERUSTEET	49
7.2 ONGELMAPERUSTAISUUS KEMIAN OPETUKSESSA	50
7.3 VASTAAVIA ONGELMAPERUSTAISEEN OPETUSMENETELMÄÄN LIITTYVIÄ TUTKIMUKSIA	51
8 KEHITTÄMISTUTKIMUS.....	56
 <u>KOKEELLINEN OSA</u>	
9 TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEEESIT	59
10 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	59
10.1 TUTKIMUSRYHMÄT JA OPETUKSESTA VASTAAVAT TAHOT	60
10.2 TUTKIMUKSEN VÄLINEET	60
10.2.1 Kyselyt.....	60
10.2.2 Opetuspaketit	61
10.2.3 Koetehtävä	62
10.3 TUTKIMUSMENETELMÄT	63
10.3.1 Kehittämistutkimus.....	63
10.3.2 Kyselytutkimus	63
10.3.3 Sisällönanalyysi	63
10.3.4 Tilastollinen analyysi.....	64
10.4 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUKSEN ETENEMINEN	64
11 TULOKSET.....	66
11.1 ALKUKYSELYT	66
11.2 LOPPUKYSELYT.....	71
11.3 KOETEHTÄVÄ.....	81
12 TULOSTEN ANALYYSI JA JOHTOPÄÄTÖKSET	82
12.1 VASTAUKSET TUTKIMUSKYSYMYKSIIN	82
12.1.1 Oppimistuloksiin liittyvä tutkimuskysymys.....	82
12.1.2 Oppimismotivaatioon liittyvä tutkimuskysymys.....	84
12.1.3 Muihin etuihin ja haasteisiin liittyvä tutkimuskysymys	87
12.2 LUOTETTAVUUDEN JA EETTISYYDEN TARKASTELU	89

13 YHTEENVETO	94
14 JATKOTUTKIMUSIDEOITA.....	95
15 KIRJALLISUUS.....	96
LIITTEET	

KIRJALLINEN OSA

1 Johdanto

Opetushallituksen (2014 ja 2019) mukaan nykyinen perus- ja lukio-opetus pohjautuu käsitykseen, jonka mukaan laadukas oppiminen on seurausta oppilaan itsensä sisältä kumpuavasta aktiivisuudesta ja tavoitteellisesta toiminnasta. Ongelmanratkaisutaito ja sen yhteydessä analyttisyys sekä kriittisyys nähdään erityisen tärkeiksi oppimisen ulottuvuuksiksi. Kaikkien näiden taitojen kehittymisen koetaan tapahtuvan parhaiten muiden oppilaiden ja opettajien kanssa tapahtuvassa keskinäisessä vuorovaikutuksessa.

Ongelmaperustainen opetusmenetelmä on konkreettisen ongelman ratkaisemisen ympärille rakennettu tiedon välittämisen ja oppimisen menetelmä, joka kehittää ja toteuttaa Overtonin ja Randlesin (2015) mukaan tehokkaasti kaikkia Opetushallituksen (2014 ja 2019) edellä mainittuja laadukkaan oppimisen faktoreita. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä onkin yleistynyt Suomessa 2000-luvulle tultaessa ja haastaa yhä enemmän perinteisiä opetusmenetelmiä kouluopetuksessa. Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän vaikutukset näkyvät opettajan ja oppilaiden käytännön toiminnassa. Opettajan rooli tiedon välittäjästä muuttuu oppimisen ohjaajan ja tukijan rooliin, siinä missä oppilaan roolit muuttuvat tiedon vastaanottajista aktiivisiksi tiedon etsijöiksi, arvioijiksi ja tutkijoiksi.

Teoriassa ongelmaperustainen opetusmenetelmä näyttäytyy lupaavana ja toimivana ratkaisuna opetushallituksen (2014 ja 2019) tavoittelemiin muutoksiin modernissa kouluopetuksessa, mutta miten hyvin ongelmaperustainen opetus vastaa näihin tarpeisiin käytännössä? Tässä tutkimuksessa on pyritty selvittämään miten hyvin Overtonin ja Randlesin (2015) lupaukset ongelmaperustaisesta opetusmenetelmästä toteutuvat, vertaamalla ongelmaperustaisesti tapahtuvan oppimisen vaikutuksia perinteisen opettajajohtoisen opetuksen vaikutuksiin.

2 Opettajajohtoinen opetusmenetelmä

Dimitriosin ym. (2013) mukaan opettajajohtoiset opetusmenetelmät koostuvat perinteisistä opetuksessa hyödynnetyistä keinoista, kuten luennoinnista, muistiinpanojen kirjoittamisesta, tehtävien ratkomisesta kynällä ja paperilla, oppilaiden tenttaamisesta sekä erilaisista opettajan johtamista keskusteluista. Scheursin ja Dumbaveanun (2014) mukaan näissä menetelmissä yksinomaan opettaja itse päättää opettettavan asian sisällön, oppitunnin oppimistavoitteet ja suunnittelee usein etukäteen hyvinkin täsmällisesti, miten asia tullaan opettamaan. Opettaja on jälkikäteen myös yksin vastuussa arvioinnista, niin aiheen opetuksen onnistumisen kuin

oppilaiden oppimisenkin suhteen. Dobbs (2008) huomauttaakin, että kaikkia opettajajohtoisia menetelmiä yhdistää se, että opettaja esiintyy niiden keskiössä ja kaikki tieto sekä oppi on hänestä lähtöisin. Opettaja toimii tavallaan tiedon säilyttäjänä sekä välittäjänä, ja hyvin pitkälti määrittelee mitä ja miten asioita luokassa opitaan.

Schuhin (2004) mukaan opettajan tärkein tehtävä opettajajohtoisien oppituntien aikana on onnistua välittämään hänen omien jäsentyneiden tietorakenteidensa sisältö oppilailleen mahdollisimman helposti omaksuttavassa muodossa. Schug (2003) kertoo, että tässä onnistuakseen opettajan tulee tarkasti etukäteen suunnitella ja valita, mihin asioihin hän haluaa opetuksessaan keskittyä, mitä esimerkkejä hän haluaa käyttää, millaisia demonstraatioita esittää, mitä kysymyksiä kysyä, millaisia vastauksia tavoitella ja miten oppilaitaan ohjata. Schuhin (2004) mukaan taitava opettaja osaa myös vaikuttaa oppimistilanteeseen sen aikana ja spontaanisti muuttaa sen luonnetta. Tämä on tärkeä taito erityisesti silloin, jos etukäteen suunniteltu oppitunti ei toimikaan kyseiselle oppilasryhmälle ja tiedon välittyminen jää muuten puutteelliseksi.

Schug (2003) määrittelee opettajajohtoisien mallioppituntien kulun vaiheet tarkasti. Hänen mukaansa oppitunti on tärkeää aloittaa johdattelemalla oppilaat oppitunnilla käsiteltävään uuteen aiheeseen ja erittelemällä sen sisäiset oppimistavoitteet. Tämän jälkeen opettaja voi alkaa esittää oppilailleen aiheeseen liittyviä uusia ideoita, käsitteitä tai faktatietoa. Kaikki uusi materiaali on tärkeää esittää selkein ja yksiselitteisin määritelmin sekä pienissä paloissa kerrallaan. Opettajan on tässä vaiheessa tärkeää myös välittömästi korjata oppilaiden mahdolliset väärinymmärrykset, ettei niistä muodostu pysyviä muistiedustuksia. Kun uusi materiaali on esitelty oppilaille, lähdetään sitä sitten rakentavasti käsittelemään ja purkamaan ennalta suunnitellulla tavalla. Oppilaille on tärkeää tarjota myös aiheeseen liittyviä tehtäviä ennen aiheesta etenemistä pidemmälle. Myös tehtäville tulee antaa selkeä ja yksiselitteinen ohjeistus. Tehtävien tulee olla haastavia, muttei liian vaikeita. Oppilaiden tulee olla mahdollista suoriutua niistä ja saada siten onnistumisen kokemuksia. Opettajan on hyvä hyödyntää myös kyselevää opetusta, niin asian esittelyn kuin tehtävien tekemisenkin yhteydessä. Toisin sanottuna opettajan on tärkeää esittää paljon aiheeseen liittyviä ja oppilaita aktivoivia sekä haastavia kysymyksiä, ja antaa oppilaille välitöntä palautetta heidän vastauksistaan ja suoriutumisestaan. Kysymykset tulee kohdistaa kaikille oppilaille tasapuolisesti, ainoastaan painottaen innokkaimpia, esimerkiksi viittaamisen perusteella. On tärkeää saada vastauksia jokaiselta oppilaalta, jotta opettaja voi muodostaa käsityksen sekä jokaisen oppilaan yksilöllisestä että koko ryhmän kollektiivisesta osaamistasosta. Schugin (2003) mukaan kehuminen ja oikeiden vastausten toistaminen ääneen koko ryhmälle on tässä kohdassa tehokas

keino ylläpitää ja kasvattaa vastauksen antaneen oppilaan oppimismotivaatiota aihetta ja oppiainetta kohtaan. Sen sijaan virheellisiä tai puutteellisia vastauksia antaneita oppilaita ei tule lytätä, vaan päinvastoin kannustaa, mutta samalla korjata heidän virheellisiä käsityksiään ja varmistaa heidän oppimisensa asiassa. Yksi tärkeimmistä keinoista tehostaa merkityksellisimpien seikkojen oppimista on painottaa niitä, esimerkiksi äänenpainoa, elekieltä ja toistoa hyödyntämällä. Oppitunnin päätteeksi on oleellista kerrata läpikäyty asia ja tehdä siitä yhteenveto, edelleen hyödyntäen erityisesti toistoa.

Opettajajohtoisessa opetusmenetelmässä oppilaiden toiminta oppitunneilla perustuu Schuhin (2004) mukaan pitkälti opettajan ohjeistukseen. Oppilaat noudattavat näitä ohjeita, tekevät opettajan määräämiä tehtäviä ja työskennellessään toimivat selkeiden ja vaiheittaisten toimintamallien mukaisesti. Työskentely on perinteisesti luonteeltaan hyvin kaavamaista ja kollektiivista, jolloin oppilaat työstävät samoja asioita – esimerkiksi tehtäviä tai muistiinpanoja – keskenään yhtäaikaisesti.

Eilksin ja Hofsteinin (2013) mukaan opettajajohtoiset opetusmenetelmät ovat vaivattomasti sovellettavissa lähes mihin tahansa oppimisympäristöön tai -tilanteeseen. Opettajajohtoiset opetusmenetelmät eivät ole riippuvaisia esimerkiksi ryhmäkoosta tai siitä, kuinka moni ryhmän jäsenistä on läsnä. Ne vaativat ainoastaan opettajan itsensä ja hänen henkilökohtaiset valmistelunsa. Opettajan ei tällöin välttämättä tarvitse edes tuntea opetettavaa ryhmäänsä entuudestaan, vaan hän voi lähtökohtaisesti opettaa aihetta kenelle tahansa.

Schugin (2003) mukaan opettajajohtoiset opetusmenetelmät ovat erityisesti uusille ja vasta valmistuneille opettajille usein parempia vaihtoehtoja kuin ongelmaperustaiset opetusmenetelmät. Hän kertoo, että vaikka oppilaslähtöisillä opetusmenetelmillä on paljon potentiaalia oikein hyödynnettyinä ja ne toimivat todella hyvin joissakin tilanteissa, uusien opettajien on hyvin haastavaa onnistua niiden tehokkaassa hyödyntämisessä uransa alkuvaiheissa. Tuoreet opettajat ovat vielä aluksi heikossa asemassa esivalmistellun materiaalin, opetuskyvykkyytensä ja työkokemuksensa puolesta. Vaikka jokainen uusi opettaja on yksilöllinen omine vahvuuksineen ja keinoineen sekä todennäköisesti omaavat tuoreimman pedagogisen tutkimustiedon, kaikkien näiden ominaisuuksien soveltaminen ei käytäntöön onnistu välittömästi. Schug (2003) näkee opettajajohtoisen opetusmenetelmän näissä asioissa anteeksiantavaisempana kuin oppilaslähtöisen opetusmenetelmän. Kunnes opettaja on kykenevä hallitsemaan ja ohjaamaan oppilaslähtöisen ryhmän toimintaa, kontrollin säilyttäminen opettajajohtoisesti voi olla parempi vaihtoehto, niin opetuksen kuin oppimistulostenkin kannalta.

Opettajajohtoisten opetusmenetelmien on tutkittu tuottavan parempia oppimistuloksia erityisesti lyhyellä aikavälillä suhteessa esimerkiksi oppilaslähtöisiin ja ongelmaperustaisiin opetusmenetelmiin. Nämä oppimistulokset näkyvät oppitunnin jälkeen välittömästi opitun asian parempana muistamisena ja nopeampana mieleen palauttamisena. Opettajajohtoisen opetuksen on moneen otteeseen tutkittu myös tuottavan parempia kurssikokeiden arvosanoja. (Strobel ja Van Barneveld, 2009)

Opettajajohtoisen opetusmenetelmän oppimistulokset perustuvat paljolti ulkoa oppimiseen ja lyhytkestoisen muistin tehokkaaseen hyödyntämiseen, eivät niinkään syväoppimiseen tai muistiin painamiseen. Onkin kyseenalaista, voidaanko opettajajohtoisen opetusmenetelmän tehokkuus opetusmenetelmänä määritellä vain ulkoa muistamisen ja sen tuottamien kurssiarvosanojen perusteella. Opettajajohtoinen opetusmenetelmä on joka tapauksessa todella hyvä väline ainakin silloin, kun tavoitteena on säilyttää paljon ja tarkkaa tietoa lyhyellä aikavälillä, ja hyödyntää sitä täsmällisiin kohteisiin. Koulumaailman tehtävänä on kuitenkin opettaa oppilaille elinikäisen oppimisen taitoja ja tarjota heille kyvykkyyksiä elämässä ja yhteiskunnassa pärjäämiseen koko loppuelämäksi (Opetushallitus, 2014 ja Opetushallitus, 2019), mitä opettajajohtoinen opetusmenetelmä ei ainakaan teoriassa palvele yhtä hyvin.

Ulkoaoppimisen painottaminen on yksi monesta syystä sille, että opettajajohtoiset opetusmenetelmät – erityisesti luennoiva opetus – nähdään nykypäivänä usein vanhanaikaisena ja yhdistetään Schwerdt'n ja Wuppermanin (2011) mukaan moniin koulutuksellisiin ongelmakohtiin. Siitä huolimatta, että Schug (2003) painottaa opettajajohtoisessa oppituntimallissaan jokaisen oppilaan osallistamista ja palautteen antamista, ei opettajan ole mahdollista ottaa huomioon jokaista ryhmänsä oppilasta ja arvioida heidän oppimisprosessejaan yksilöllisellä tasolla, jos oppitunnin keskiö kohdistuu opettajaan. Schwerdt'n ja Wuppermanin (2011) mukaan opettajajohtoisella oppitunnilla ei vain yksinkertaisesti voi saada riittävän kattavaa näyttöä joka ikisen oppilaan osaamisesta ja oppimisesta, jotta opettaja pystyisi täsmällisesti havaitsemaan heidän oppimisprosessiensa puutteita ja vahvuuksia. Schwerdt'n ja Wuppermanin (2011) mukaan opettajajohtoinen opetusmenetelmä laiminlyökin tässä suhteessa oppilaiden yksilöllisiä tarpeita ja potentiaalia eriyttämiseksi. Schwerdt'n ja Wuppermanin (2011) mukaan toinen opettajajohtoisen opetusmenetelmän heikkouksista on se, ettei niitä hyödynnettäessä ole mahdollista tunnistaa oppilaiden erilaisia oppimistyyliä, vaan on käytettävä oletusta, että kaikki oppilaat oppivat yhtäläisesti samanlaisesta toiminnasta ja saman aistin – luennoissa pääasiassa kuulon – varaista materiaalia käsittelemällä. Toisaalta Eilksin ja Hofsteinin (2013) mukaan myös

oppilaiden kiinnostus ja tarkkaavaisuus herpaantuvat herkästi, jos vain opettaja on oppimistilanteen keskiössä ja itse oppilaat ovat passiivisia, jolloin suuri osa välitetystä tiedosta joko jää tarkkaavaisuuden ulkopuolelle tai ei siirry säilömuistiin. Noudattaessaan tarkkoja ohjeita ja toimiessaan vain opettajan määräysten mukaisesti, oppilaiden autonomisuus ja oma-aloitteellisuus kärsii. Näin opettajajohtoinen opetusmenetelmä ei anna oppilaille juurikaan mahdollisuuksia hyödyntää heidän yksilöllistä luovuuttaan, vaan valitettavan usein perustuu ainoastaan suorituskykyyn ja siihen, miten tehokkaasti oppilas kykenee ratkaisemaan hänelle asetetut tehtävät ennalta määritetyllä tavalla.

Sama suorittamiseen perustuva ongelmakohta näkyy arvioinnissa ja palautteen antamisessa. Suorittamiseen pohjaava arviointi polarisoi ja vääristää oppilaan kyvykkyyksiä opettajan silmissä, painottaen kvantitatiivista suorittamista ja laiminlyöden muita oppilaan yksilöllisiä ja kvalitatiivisia ominaisuuksia. Kuten todettu, oppitunnin keskittyessä opettajaan, eivät oppilaiden yksilölliset oppimisprosessit tai persoonallisuudet juuri pääse esille. Opettajan on tällöin vaikeaa tai jopa mahdotonta tarjota oppilailleen kattavaa henkilökohtaista palautetta heidän toiminnastaan ja oppimisestaan. Tämä näyttäytyy erityisen ongelmallisena hiljaisempien oppilaiden kohdalla, jotka eivät pääse tai edes halua olla äänessä oppitunnin aikana. Óskarsdóttirin ja Jónassonin (2015) mukaan opettajat arvioivat oppilaiden oppimista pitkälti heidän puheensa sisällön ja heidän käymänsä keskustelun perusteella. Tästä syystä hiljaisten oppilaiden – jotka eivät esimerkiksi viittaa tai muuten ota aktiivisesti osaa oppituntiin – kyvykkyyden taso voidaan arvioida matalammaksi kuin se oikeasti onkaan. Toppingin (2003) mukaan taitava opettaja voi kuitenkin itse- tai vertaisarviointien avulla paikata ja täydentää oman arviointinsa rajoittuneisuudesta johtuvia puutteellisia käsityksiä oppilaistaan. Oikein käytettynä monipuoliset arvioinnit auttavat opettajaa antamaan oppilailleen parempaa ja täsmällisempää palautetta heidän omasta oppimisestaan.

Opettajan jaksaminen on laadukkaan opetuksen ylläpitämisen kannalta tärkeää, eikä sitä tule laiminlyödä. Opettajajohtoisien opetusmenetelmien hyödyntäminen voikin säästää aikaa ja vähentää opettajaan kohdistuvaa kuormitusta sekä vaatimuksia hetkellisesti, mikä on erityisen tärkeää silloin, jos opettaja on jo valmiiksi kuormittunut tai muuten opetuksessaan kiireinen. Nykypäivän opettajan ohjaamien oppilasryhmien jatkuvan kasvamisen yhteydessä opettajan jaksaminen käykin jatkuvasti ajankohtaisemmaksi ongelmaksi. Vaikka opettajajohtoisella opetusmenetelmällä on monia negatiivisia vaikutuksia oppilaisiin ja heidän oppimiseensa, ei ole realistista olettaa, että opettajat kykenisivät jatkuvasti tarjoamaan laadukasta ja yksilöivää opetusta nykypäivän jatkuvasti kasvaville suurille oppilasryhmille. Sen sijaan opettajan on täysin perusteltua välillä valita vähemmän kuormittava opettajajohtoinen opetusmenetelmä

jaksamisensa ylläpitämiseksi, jotta hän myös tulevaisuudessa voi tarjota pätevää opetusta. Masennus, stressiperäinen ahdistus, paniikkihäiriöt, unettomuus ja loppuun palaminen ovat nykypäivän opettajille valitettavan yleisiä ja edelleen yleistyviä psykofyysisiä seuraamuksia, jotka kumpuavat liiallisista vaatimuksista ja liian harvalle kohdistuvasta kohtuuttomasta työmäärästä sekä -ajasta. Tätä reflektoi hyvin Opettaja-lehden teettämä ja opettajille kohdistettu puoliavoin kysely (Opettaja, 2018). Siihen saatuja vastauksia (123 kpl) yhdistää kokemukset riittämättömyydestä ja jatkuvasta kulkemisesta loppuun palamisen rajamailla. Moni opettaja ilmeisesti yrittää vain sinnitellä päivästä toiseen, joskus ahdistuslääkitykseenkin tukeutuen. Seurauksena entistä useampi opettaja hakeutuu sairauslomalle, mikä lisää entisestään edelleen työssä käyvien opettajien työmäärää. Nykypäivän opettajan ylikuormituksesta on muodostumassa hyvin tiedostettu ongelma (Yleisradio ja Kröger 2020; Opetusalan Ammattiliitto, 2019).

Tiivistettynä opettajajohtoisen opetusmenetelmän etuna voidaan nähdä sen varmuus ja riskittömyys. Opettajajohtoisen opetusmenetelmän hyödyntäminen on myös opettajan kannalta pääasiassa helppoa ja vain vähän kuormittavaa. Menetelmän on myös todistettu tuottavan parempia oppimistuloksia, mutta vain lyhyellä aikavälillä. Toisaalta opettajajohtoinen opetusmenetelmä laiminlyö oppilaita ja heidän yksilöllisiä tarpeitaan. Se ei ole myöskään paras menetelmä oppilaiden syväoppimisen tai tiedon säilyvyyden kannalta. Opettajajohtoinen opetusmenetelmä on kuitenkin hyvä vaihtoehto silloin, kun opettaja on kokematon tai opetettavaa ryhmää ei vielä entuudestaan tunneta riittävän hyvin, jotta eriyttämistä kyettäisiin soveltamaan tehokkaasti. Sen hyödyntäminen voi myös auttaa opettajaa jaksamaan paremmin kasvavan työmäärän edessä ja ennaltaehkäisemään stressiin perustuvien häiriöiden – kuten loppuun palamisen – puhkeamista.

3 Ongelmaperustainen opetusmenetelmä

Ongelmaperustaista menetelmää on hyödynnetty maailmalla jo melko pitkään, ja Suomessakin sitä on hyödynnetty jo kymmenien vuosien ajan. Nimensä mukaisesti sen keskeisin elementti on ongelma, jonka ympärille oppiminen rakennetaan. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä eroaa radikaalisti perinteisistä opetusmenetelmistä ja muuttaa sekä opettajan että oppilaiden rooleja oppimistilanteissa.

3.1 Opetusmenetelmän taustaa

Ongelmaperustainen opetusmenetelmä tai ongelmaperustainen oppiminen on alun perin käännetty englannin kielen termistä *problem-based learning*, josta tunnetusti käytetään myös lyhennettä PBL. Termiä ei ole onnistuttu kääntämään yksiselitteisesti suomen kielelle, minkä

vuoksi siitä esiintyy lukuisia synonyymejä tiedeyhteiskunnassa. Näitä ovat mm. ongelmaperustainen oppiminen, ongelmalähtöinen oppiminen, ongelmakeskeinen oppiminen, ongelmapohjainen oppiminen ja ongelmasidonnainen oppiminen. Lisäksi PBL:n rinnalla esiintyy englannin kielessä toinen hyvin vastaavanlainen termi: *context-based learning* eli CBL. CBL eroaa PBL:sta vain siinä, että sen menetelmä ei vaadi hyödyntämään ongelmia opetuksen lähtökohtana. Myös CBL:sta on lukuisia käännöksiä suomen kielessä: kontekstiperustainen oppiminen, kontekstilähtöinen oppiminen, kontekstikeskeinen oppiminen, kontekstipohjainen oppiminen ja kontekstisidonnainen oppiminen. Näiden lisäksi myös tutkimuksellisen oppimisen termi on rinnastettavissa PBL:in. Selvytyden vuoksi tässä tutkielmassa PBL:sta käytetään vain suomenkielistä termiä ongelmaperustainen opetusmenetelmä tai oppiminen.

Ongelmaperustainen opetusmenetelmä kehitettiin noudattaen kognitiiviskonstruktivistista oppimiskäsitystä, joka vuorostaan perustuu vahvasti Jean Piaget'n kehittämälle kehityspsykologiselle teorialle (Dobbs, 2008). Koulutuksellisesta näkökulmasta Piaget'n teorian tärkein sanoma on se, että lapsen ajattelun kehitys etenee vaiheissa. Dobbsin (2008) mukaan ongelmaperustainen opetusmenetelmä pyrkiikin ottamaan nämä vaiheet huomioon mahdollisimman hyvin ja siten kohdistamaan opetusta eri-ikäisille oppilaille, heidän tarpeensa huomioiden. Dobbs (2008) kertoo, että ongelmaperustaisen opetusmenetelmän kivijalkana toimii sen nimen mukaisesti aina ongelma, jonka ympärille varsinainen oppiminen rakennetaan. Saveryn ja Duffyn (1995) mukaan oppiminen tapahtuu itse asiassa sivutuotteena varsinaisen ongelman ratkaisemisen yhteydessä. Itse ongelma voi olla joko keinotekoinen tai oikeasta maailmasta poimittu (Poikela ja Poikela, 1999). Overton ja Randles (2015) määrittelevät loput ongelmaperustaisen opetusmenetelmän pääperiaatteet ansiokkaasti. Heidän mukaansa keskeinen osa ongelmaperustaisesta oppimisesta on oppilaslähtöisyys ja oppilaan oma rooli aktiivisena toimijana sekä tiedon etsijänä. Tämän ehdotetaan olevan tärkeää siksi, että oppilaan aktiivisen toimijuuden on tutkittu parantavan oppilaan sisäistä kiinnostusta ja motivaatiota opittavaa asiaa kohtaan, mitkä vuorostaan nähdään tärkeinä tekijöinä laadukkaan ja syvän oppimisen tapahtumiselle. Samalla, kun oppilaat ottavat enemmän roolia ja vastuuta omasta oppimisestaan, myös opettajan rooli muuttuu. Ongelmaperustaisessa opetusmenetelmässä opettajan ei kuulu antaa oppilaille suoria vastauksia, vaan ainoastaan ohjata ja tukea heidän itsenäistä toimintaansa. Ongelmaperustaisen oppimisen nähdään lisäksi toimivan parhaiten ryhmätyöskentelynä, minkä vuoksi menetelmässä oppilaiden toiminta tapahtuu lähes poikkeuksetta pienryhmissä. Lyhyesti sanottuna ongelmaperustaisessa opetusmenetelmässä oppimisen asiayhteys on siis aina liitoksissa oikeaan maailmaan, oppiminen tapahtuu ongelmanratkaisun yhteydessä, sen toiminta on oppilaslähtöistä, opettajan rooli on ohjata sekä tukea, ja työskentely tapahtuu usein pienryhmissä.

Ensimmäiset dokumentoidut ongelmaperustaista opetusmenetelmää hyödyntäneet opetuskokeilut ovat Overtonin ja Randlesin (2015) mukaan peräisin 1960-luvun loppupuolelta Kanadan McMasterin yliopistosta. Siellä ongelmaperustainen oppiminen otettiin käyttöön lääketieteen koulutukseen uutena lähestymistapana käytännön osaamisen kehittämiseksi. Suomessa ongelmaperustaista opetusmenetelmää on alettu soveltaa koulutuksessa sekä koulumaailmassa paljon myöhemmin. Täällä ensimmäiset sovellutukset ilmenivät seurauksena 1990-luvun puoliväliltä alkaen toteutetulle pyrkimykselle kehittää korkeakoulujen pedagogiikkaa. Nämä ensimmäiset sovellutukset näyttäytyivät erilaisina kokeiluina lääke-, terveystieteiden ja kasvatustieteiden alojen opetuksessa. Ideana ongelmaperustaisen oppimisen hyödyntämisessä korkeakouluissa oli pyrkiä kaventamaan korkeakoulun opetuksen ja ammatillisen käytännön välistä kuilua. Poikela (2003) kutsuu ongelmaperustaista opetusmenetelmää ammatillisen koulutuksen yhdeksi tärkeimmistä innovaatioista. Hän kirjoittaa, että ongelmaperustainen oppiminen on yksi ainoista keinoista luoda autenttisia työelämän haasteita vastaavia ongelmia jo opiskeluvaiheessa. Suomessa ongelmaperustaista opetusmenetelmää hyödynnettäessä, sitä samanaikaisesti kehitettiin kiihkeästi. Aiheesta onkin julkaistu useita tutkimuksia esimerkiksi juuri Poikelan ja Poikelan (1999, 2002, 2003 ja 2005) toimesta.

3.2 Ongelmaperustaisuus

Ongelmaperustaisessa opetusmenetelmässä käytetään usein lähtökohtana joko keinotekoisia tai aitoja oikeaan maailmaan sidottuja ongelmia, joiden ratkaiseminen asetetaan oppilaiden lähtökohtaiseksi tehtäväksi. Nämä ongelmat voivat olla hyvin arkisia ilmiöitä, tapahtumia tai tilanteita, mutta ne voivat olla myös arvoituksellisempia ja erikoisempia, kuten CSI-tutkimukset tai mysteerit. Basson ym. (2018) mukaan ongelmien – erityisesti mysteerien – ratkominen auttaa kehittämään oppilaiden tutkimuksellisia ja ongelmanratkaisullisia taitoja. Kaiken lisäksi tällä tavalla kehittyessään nämä taidot ovat sen laatuista, että oppilaat voivat hyödyntää niitä myös muissa oppiaineissa ja koululuokan ulkopuolella oikean elämän tilanteissa ja tapahtumissa. Tämä perustuu Strobelin ja Van Barneveldin (2009) mukaan siihen, että ongelmaperustainen oppiminen aktivoi oppijoita toimimaan ja kehittämään omia ratkaisumalleja ongelmiin, sillä yhtä selkeää tai oikeaa menetelmää niihin ei ole eli ongelmat ovat niin sanotusti ”huonosti jäsenneiltyjä” (engl. *ill-structured*). Ongelmaperustaisessa oppimisessa kannustetaan oman ratkaisumallin etsimiseen ja löytämiseen, samalla välttämällä opettajan tai ohjeiden rajoittavaa vaikutusta oppilaiden toimintaan. Valdezin ja Bungihanin (2019) mukaan tämä on oleellista siksi, että aivan kuten ongelmaperustaisessa oppimisessä, myöskään oikean elämän haasteissa ei ole selkeitä ratkaisumalleja, vaan niistä on selviydyttävä

oman harkintakyvyn varassa. Koulumaailmassa oikean maailman mukaisesti toimittaessa, opittavat tiedot ja taidot eivät tunnu vain irrallisilta luokkahuoneessa opituilta ja sinne jääviltä asioilta, vaan ne ovat sellaisenaan täysin sovellettavissa missä tahansa ongelmanratkaisukontekstissa. Valdez ja Bungihan (2019) ehdottavat, että nämä ongelmaperustaisesti opitut, oikeaan elämään sovellettavat ja siellä hyödynnettävät taidot kehittävät oppilaan valmiuksia vuorovaikuttaa ja toimia yhteisönsä jäsenenä tulevaisuudessa. Myös Poikela ja Poikela (1999) toteavat ongelmaperustaisesti opittujen ongelmanratkaisutaitojen lisäävän valmiuksia selvittää tulevaisuuden tilanteiden luomista elämän haasteista muun muassa työelämässä. Toisaalta sovellettavat ongelmanratkaisutaidot ovat jo itsessään merkittävä ominaisuus erityisesti kemian alalla, jossa niitä hyödynnetään päivittäin esimerkiksi laboratorioissa ja tutkimuksessa. Kemian opetuksessa ongelmaperustaisia mysteerejä on hyödynnetty mm. spektrometrinen menetelmien opetuksessa ja kiinnostuksen herättämisessä niitä kohtaan (Basso ym., 2018).

Ongelmia ratkaistaessa niin arkielämässä kuin vaikkapa ongelmaperustaisessa oppimisessäkin etsitty tieto rakentuu Dolmansin ja Schmidtin (1996) mukaan aiemman tiedon päälle, integroiden uutta opittua tietoa aiempaan. Uuden ja aiemman tiedon ollessa ristiriidassa keskenään, tapahtuu vuorostaan tiedon uudelleenmäärittelyä. Jos uusi tieto koetaan sisäisesti luotettavampana ja pätevämpänä, aiempi tieto korvautuu tai täydentyy sillä. Poikelan ja Poikelan (1999) mukaan tällainen tiedon uudelleenmäärittely ylläpitää elinikäisen oppimisen prosessia. Olemassa olleiden tietorakenteiden muuttuessa muodostuu nimittäin käsitys siitä, ettei mikään tieto ole välttämättä absoluuttista tai lopullista, vaan aina on mahdollisuus, että aikaisemmat teoriat ja ymmärrykset voivat muuttua. Tämä näkemys on keskeinen erityisesti kemian alalla, sillä tutkimukset luovat uutta tietoa jatkuvasti ja vanhoja teorioita korvautuu uusilla koko ajan. Osa olemassa olevasta tiedosta voi olla jopa harhaanjohtavaa, minkä vuoksi on erittäin tärkeää kyetä tarkastelemaan omia käsityksiä joustavasti ja kriittisesti. Oikein käytettynä ongelmaperustainen opetusmenetelmä tukee ja harjoittaa näitä elinikäisen oppimisen taitoja tehokkaasti.

Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän parhaimmillaan tehokkaan ja selkeän tiedon integroitumisprosessin ansiosta opitusta asiasta muodostuu tavallista vahvempi muistijälki. Vahvan muistijäljen vaikutuksesta opitun tiedon mieleenpalautusprosessi on myöhemmin vaivattomampaa ja tieto säilyy pitkäkestoisessa muistissa eli säilömuistissa pidempään muuttumattomana. Newble ja Clarke (1986) ehdottavat, että integraation ja sen vaikutuksesta vahvistuvan muistijäljen ansiosta oppilaiden oppimismotivaatio suuntautuu kumpuamaan enemmän mielenkiinnosta kuin velvollisuudesta. Tämä selittyy heidän mukaansa sillä, että

uuden tiedon muokkaava vaikutus henkilökohtaiseen aiempaan uskomukseen tiedon oikeellisuudesta saa oppilaan kyseenalaistamaan myös muita itselle merkityksellisiä tietorakenteita. Tällainen ajatus voi horjuttaa henkilön käsityksiä ja arvoja jopa perustavanlaatuisesti, minkä seurauksena tietoa asiasta halutaan selvittää lisää. Samanaikaisesti oppilas kiinnostuu käsiteltävästä asiasta aidosti. Kun oppiminen perustuu mielenkiintoon ja tiedon hankkiminen koetaan itselle merkityksellisenä, oppisisältöjä tutkitaan perusteellisesti. Oppiminen ei tällöin ole vain suoriutumishakuista tai pinnallista, vaan puhutaan syväoppimisesta. Dolmans ym. (2016) ovat tutkineet ongelmaperustaisen oppimisen mekanismeja, ja myös heidän mukaansa ongelmaperustainen oppiminen kehittää nimenomaan syväoppimiseen liittyviä opiskelun taitoja. He lisäksi toteavat, ettei ongelmaperustaisella oppimisella juuri ole liitoskohtia pinnallisen oppimisen kanssa. Hyviä tuloksia ongelmaperustaisesta oppimisesta on saatu myös elinympäristön kemian opetuksessa ja sen on todettu lisäävän oppilaiden syvempää ymmärrystä luonnontieteellisiä ilmiöitä kohtaan (Jansson ym., 2015).

Myös Strobel ja Van Barneveld (2009) havaitsivat ongelmaperustaisen oppimisen toimivan tehokkaana säilömuistiin painamisen välineenä, ja että se onnistuu siinä paljon paremmin kuin perinteinen opettajajohtoinen opetusmenetelmä. Tutkimuksessaan he kuitenkin samalla huomasivat, että opettajajohtoinen opetus tuottaa parempia oppimistuloksia tiedon siirtämisessä lyhytkestoiseen muistiin eli työmuistiin. Työmuistin sisältö on jatkuvassa valmiudessa ja sovellettavana käytäntöön hyvin nopeasti. Sen kantokyky on kuitenkin erittäin rajallinen, eikä tieto säily työmuistissa pitkään. Tämän vuoksi opettajajohtoinen opetusmenetelmä mahdollistaa hyvien arvosanojen ansaitsemisen tehtävistä lyhyellä aikavälillä ja välittömästi opettajajohtoisen oppitunnin jälkeen, mutta ei enää pidemmän ajanjakson kuluttua. Säilömuisti sen sijaan voi kantaa valtavia määriä erilaatuista informaatiota, vaikka kyseisen tiedon hyödyntäminen vaatii aina mieleen- tai paremminkin työmuistiin palauttamisen prosessin ennen sen käyttämistä. Toisin sanottuna säilömuistin tiedon hyödyntäminen ei tapahdu yhtä nopeasti kuin työmuistin, mutta sen sisältöä on mahdollista ylläpitää paljon pidempään, usein jopa läpi elämän. Tämän vuoksi tiedon tallentaminen säilömuistiin nähdään usein arvokkaampana kuin tiedon tallentaminen työmuistiin. Ei siis ihme, että tiedon siirtäminen juuri säilömuistiin on kouluopetuksen ja muun koulutuksen päällimmäisenä tavoitteena. Koulutuksellisesta näkökulmasta sellaisesta tiedosta, jota ei muisteta tai voida hyödyntää lyhyen ajanjakson kuluttua, ei ole yhtä merkittävää hyötyä kuin sellaisesta, joka muistetaan.

Ongelmaperustaisesti opitun tiedon tehokas jäsentyminen säilömuistiin selittyy keskushermoston neurobiologisten yhteyksien muodostumisen ja ylläpitämisen mekanismeilla. Säilömuistiin tallentunut tieto ei sinne tallennuttuaan säily sellaisenaan ikuisesti tai automaattisesti. Säilömuistimme tieto on tallentuneena keskushermostomme talamuksen ja aivokuoren aistialueiden välisiin hermosoluihin eli neuroneihin. Uudet muistijäljet muodostavat uusia dendriiteiksi ja aksoneiksi kutsuttuja hermosoluyhteyksiä useiden hermosolujen välillä. Mieleen palauttamisprosessin yhteydessä hermosolut laukaisevat näiden uusien hermosoluyhteyksien kautta kulkevia aktiopotentiaaleiksi kutsuttuja hermoimpulsseja, joiden avulla hermosoluihin tallennettu tieto saadaan palautettua tiedostamattomilta aivorakenteilta tiedostetulle aivokuorelle. Kuitenkin, jos osaa säilömuistin tiedosta ei hyödynnetä, sen muodostamat hermosoluyhteydet alkavat käyttämättöminä heikentyä aktiopotentiaalien vähyden vuoksi. Lopulta nämä hermosoluyhteydet saattavat kokonaan katketa, jolloin alkuperäinen opittu tieto menetetään ja joudutaan oppimaan uudestaan, jos sitä jatkossa tarvitaan. Näin aivot pyrkivät karsimaan ”ylimääräisiä” hermosoluyhteyksiä kohdentaakseen rajallisia energieettisiä resurssejaan täsmällisemmin kohteisiin, joita aktiivisemmin tarvitaan ja käytetään. Toisin sanottuna muistijälki tiedosta, jota ei käytetä, heikkenee, kun taas toisaalta muistijälki tiedosta, jota käytetään, vahvistuu, samalla nopeuttaen kyseisen tiedon mieleen palautuksen prosessia. (Banich ja Compton, 2018; Martini, Nath ja Bartholomew, 2018)

Tiedon säilyminen ja sen tehokas hyödyntäminen vaatii siis tietorakenteiden toistuvaa hyödyntämistä ja niihin liittyvien sisältöjen mieleen palautusta. Kuten aiemmin jo määriteltiin, ongelmaperustaisessa opetusmenetelmässä suosittava elinikäinen oppiminen on prosessi, jossa uuden tiedon esiintyessä sitä verrataan aiempaan, jo olemassa olevaan tietoon. Tämän sisäisen vertailun seurauksena sekä aiemman että uuden tiedon sisällöt integroituvat oman arvioinnin varassa ja tiedoista muodostuu uusi yhdistynyt muistijälki ja sen ymmärrys. Elinikäisen oppimisen mukainen tiedon käsittely vaatii siis jatkuvaa säilömuistin tiedon mieleen palautusta ja käsittelyä, jotka vuorostaan vahvistavat kyseistä muistijälkeä ja ylläpitävät opittua tietoa. Vastaavanlaista prosessia ei tapahdu yhtä paljoa opettajajohtoisesti opetettaessa, minkä vuoksi sen vaikutukset tiedon säilömuistiin jäsentämiseksi ovat heikompia. (Banich ja Compton, 2018; Martini, Nath ja Bartholomew, 2018)

Suttonin ja Knuthin (2017) tutkimus demonstroi ongelmaperustaisen opetusmenetelmän tehokasta säilömuistiin painamista ja sen konkreettisia vaikutuksia. Tutkimuksessaan Sutton ja Knuth (2017) analysoivat ongelmaperustaisen opetusmenetelmän vaikutuksia luonnontieteellisten oppiaineiden kouluarvosanoihin. He valitsivat kohteekseen lukion, jossa

oli otettu vuonna 2010 käyttöön ongelma-perustaisiin periaatteisiin pohjautuva opetussuunnitelma ja vertailivat siellä kurssien arvosanojen keskiarvoja ennen ja jälkeen ongelma-perustaisen opetussuunnitelman käyttöönottoa. He huomasivat, että ongelma-perustaisesti opetettuna kurssin oppilaiden ainekohtaiset keskiarvot kasvoivat niin kemian oppiaineessa kuin muissakin luonnontieteissä.

3.3 Oppilaan rooli

Overtonin ja Randlesin (2015) mukaan oppilaslähtöisyys on ongelma-perustaisen opetusmenetelmän yksi määrittävimmistä tekijöistä ja tärkeässä roolissa mielenkiinnon ja muistijäljen muodostumisessa. Oppilaslähtöisyyden toteutuminen velvoittaa oppilaita toimimaan aktiivisesti oman oppimisensa ohjaamisessa (Lonka ym., 2015). Tämä aktiivisuus näkyy Barrowsin (1996) mukaan parhaimmillaan käytännön toiminnassa, tiedon etsimisessä, oman oppimisen kannalta toimivien oppimismenetelmien soveltamisessa ja oppimaan oppimisessa.

Uudemmat koulumaailmassa käytettävät opetussuunnitelmien perusteet – kuten LOPS 2015 ja LOPS 2019 – pohjautuvat kognitiiviskonstruktivistiseen ihmiskäsitykseen (Eteläpelto, 2016). Myös se käsittää oppilaat aktiivisiksi toimijoiksi sekä tiedon etsijöiksi, jotka yksin ja yhdessä toisten kanssa suunnittelevat, asettavat tavoitteita, arvioivat omaa oppimistaan ja valitsevat oppimisensa menetelmiä.

Kun oppiminen on oppilaslähtöistä, opettajan johtavaa roolia tai kaavamaisia ohjeita ei tarvita, jolloin ne eivät myöskään rajoita oppilaiden toimintaa. Oppilaiden oma aktiivinen toimijuus päin vastoin mahdollistaa heidän oman luovuutensa hyödyntämisen sekä juuri heidän omalle oppimisellensa parhaiten sopivien menetelmien käyttämisen. Oppilaslähtöisesti toimiessaan oppilaat joutuvat ottamaan entistä enemmän vastuuta omista opinnoistaan ja samalla sitoutumaan niihin syvemmin sekä ajattelemaan niissä etenemistä tavoitteellisesti (Kemppainen, 2014). Koulumaailmassa hyödynnettävät opetussuunnitelmien perusteet myös velvoittavat oppilaita saavuttamaan tietyt osaamistavoitteet tietyiltä ajanjaksoilta ja kursseilta. Tämän vuoksi oppilaslähtöisesti toimiessaan oppilaat joutuvat aktiivisesti arvioimaan omaa oppimistaan ja saavuttamaan niihin liittyvät tavoitteet oman harkintansa varassa. Vaskurin (2017) mukaan oppimistavoitteiden asettaminen on oppilaiden kannalta tärkeää erityisesti kemian oppiaineen asiasisältöjen sisäistämisessä.

Maudsleyn (2000) mukaan nämä oppilaslähtöisyydestä kumpuavat velvollisuuteen, vastuuseen ja ylipäänsä aktiiviseen toimijuuteen liittyvät seikat kehittävät oppilaan ongelmanratkaisutaitoja, kriittistä ajattelua ja tiedon reflektoinnin taitoja. Kriittinen ajattelu

näyttäytyy erityisen oleellisena uutta tietoa etsittäessä ja arvioitaessa kunkin tietolähteen toistettavuutta eli reliabiliteettia ja pätevyyttä eli validiteettia. Kyky arvioida lähteiden luotettavuutta sekä pätevyyttä ovat myös taitoja, jotka nykymaailmassa näyttäytyvät tarpeellisina jokapäiväisessä arjessa. Niiden avulla esimerkiksi internetin välityksellä jatkuvasti lisääntyneet huijaus- ja hyökkäysyritykset voidaan helpommin tunnistaa ja välttää.

Vaskuri (2017) on tutkinut oppilaslähtöisyyden vaikutuksia enemmän myös kemian oppiaineen opetuksessa. Hänen mukaansa oppilaiden aktiivinen toimijuus kemian oppitunnilla mahdollistaa tavallista tehokkaamman luonnontieteellisen informaation rakentamisen. Opiskelijan tiedonrakennusprosessin ollessa aktiivinen ja sen perustuessa omaan toimintaan, tieto jäsentyy ja rakentuu loogisesti aiemman päälle ja on siten tulevaisuudessa vaivattomammin ja tehokkaammin käytettävissä. Kemian oppiaineen kannalta on myös oleellista, että aktiivinen tiedonrakennusprosessi tukee kemian opiskelun kokeellista ja tutkivaa periaatetta. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä onnistuu tässä usein hyvin, sillä sen toiminta on aina oppilaslähtöistä ja sen aiheet liittyvät käytännön tilanteiden tutkimiseen, usein kokeellisesti.

3.4 Opettajan rooli

Oppilaiden ottaessa enemmän roolia ja vastuuta omasta oppimisestaan Overtonin ja Randlesin (2015) mukaan opettajan perinteinen rooli tiedon välittäjästä tulee vaihtua oppimisen ohjaajan ja tukijan rooleihin. Opettajasta tulee oppimisen asiantuntija, oppilaidensa oppimista ohjatessaan (Auno ym., 2016).

Tukeakseen ongelmaperustaisen opetusmenetelmän oppilaslähtöisiä periaatteita, opettajan tulee Kempvaisen (2014) mukaan ohjata oppilaita itsenäiseen ja pitkäjänteiseen työskentelyyn sekä kannustaa heitä tutkimaan ja tunnistamaan oman oppimisensa kannalta parhaiten toimivia menetelmiä. Jos opettaja onnistuu näissä tavoitteissa hyvin, hänen ohjauksensa auttaa oppilaita kehittämään heidän fundamentaalisia oppimaan oppimisen taitoja. Ne ovat metakognitiivisia kyvykkyyksiä, joiden osaaminen tai edes tunnistaminen on välttämätöntä kaikessa omassa tavoitesuuntautuneessa työskentelyssä, kuten oppilaslähtöisessä toiminnassa.

Ongelmaperustainen opetusmenetelmä vaatii opettajalta myös paljon muutakin kuin vain oppilaiden tukemista oppitunnin aikana. Hungin (2009) mukaan itse ongelmien sekä mysteerien laatiminen ja suunnittelu vaatii paljon työtä ja aikaa. Ongelman hyvä ja huolellinen suunnittelu palvelemaan opetettavaa aihetta ja oppimistavoitteita on Valtasen (2016) mukaan kriittisen tärkeää. Asetettu ongelma on nimittäin keskeisimmässä asemassa koko ongelmaperustaisen opetusmenetelmän tehokkuuden ja oppilaille muodostuvan kokemuksen kannalta. Hyvän

ongelman laatimisessa opettajan on tärkeää ottaa huomioon opetettava ryhmänsä ja osata kohdentaa ongelma palvelemaan heitä mahdollisimman hyvin. Ryhmänsä oppilaiden tunteminen ja heidän oppimiseensa liittyvien tarpeiden tiedostaminen ja huomioiminen auttaa opettajaa ongelman täsmällisemmässä kohdentamisessa. Dobbsin (2008) mukaan taitava opettaja hyödyntää oppilaansa aikaisempia henkilökohtaisia kokemuksia ja taustaa stimuloidakseen heidän oppimistaan. Delisle (1997) sekä Weiss (2003) molemmat myös muistuttavat, että ongelmaa valmistellessaan opettajan tulee lisäksi aina huomioida sekä kunnallinen että kansallinen opetussuunnitelma, joiden määrittämiä periaatteita niin ongelmaperustaisen oppitunnin tavoitteiden kuin ongelmien sisältöjenkin täytyy noudattaa.

Muukkosen (2012) mukaan ongelmat tulisi rakentaa siten, että oppilaiden on mahdollista itse selvittää ongelmaan liittyvien ilmiöiden keskeisiä piirteitä ja mekanismeja. Näin ollen opettajan ei välttämättä tarvitse pohjustaa uutta aihetta mitenkään tai perehdyttää oppilaitaan aiheen sisältöihin ja ominaisuuksiin etukäteen. Dobbs (2008) väittää, että oppilas oppii huolimatta siitä, onko heillä aikaisempia kokemuksia aiheesta vai ei, jos opetuksen lähtökohtana hyödynnetään konstruktivistista teoriaa. Hänen mukaansa erityisesti lukio-opetuksessa on jopa suotavaa, ettei aihetta tunneta etukäteen, vaan oppilaat voivat kokea ongelmanratkaisuprosessin ja siinä edistymisen oman toimintansa tuloksena sekä henkilökohtaisena saavutuksena. Itsenäisesti ja aktiivisesti toimiessaan oppilas on vastuussa omasta osaamisestaan ja etenemisestään tavoitteellisesti. Tavoitteisiin pyrkiessään oppilas joutuu väkisin ottamaan enemmän vastuuta omasta oppimisestaan, mikä palvelee hyvin myös myöhemmän elämän itsenäisyyttä ja kykyä oma-aloitteelliseen toimintaan ja tiedon etsintään.

Delislen (1997) mukaan opettajan tulee suunnitella myös oppilaiden ryhmäjako etukäteen hyvissä ajoin ennen opetustilannetta. Hyvin suunniteltu ryhmäjako parantaa ja tehostaa ryhmien työskentelyä itse ongelmanratkaisun aikana. Oppilaiden ja heidän tarpeittensa tunteminen on luonnollisesti edellytyksenä myös hyvälle ryhmäytymiselle ja ryhmien eriyttämiselle.

Tehtävän ja ryhmäjaon suunnittelutyön jälkeen seuraa ongelmaperustaisen oppitunnin käytännön toteutus. Ennen varsinaiseen ongelmaan perehtymistä ja sen parissa työskentelyn aloittamista opettajan on Bridgesin ja Edwinin (1997) mukaan vielä suotavaa ohjeistaa oppilaita tehtävän suorittamisessa. Tässä vaiheessa opettajan ei tarvitse määrätä tai ohjeistaa mitään yksittäistä tapaa toimia tai edetä ongelmanratkaisuprosessissa. Sen sijaan hänen olisi tärkeää antaa heti oppilailleen mahdollisuus omaan luovuuteen ja omien ratkaisukeinojen valitsemiseen. Opettajan ohjeistuksen tulisi kuitenkin olla selkeä siten, että jokainen ryhmä ja oppilas ymmärtävät, mitkä ovat oppitunnin ongelman ratkaisun tavoitteina. Muita tärkeitä oppilaille

kerrottavia asioita ovat mm. mistä tietoa voidaan löytää ja etsiä, mitkä ovat oppitunnin oppimistavoitteet ja sisällöt sekä kuinka toimia tilanteessa, josta ei tunnu pääsevän eteenpäin.

Oppitunnilla oppilaiden itsenäisen työskentelyn aikana opettaja toimii ohjaajana, jonka tehtävänä on Bridgesin ja Edwinin (1997) mukaan johdatella oppilaita kohti ratkaisuja. Hän muistuttaa, ettei opettajan tule kuitenkaan antaa oppilailleen suoria vastauksia, vaan ainoastaan ohjata heidän toimintaansa kohti tietoa tai ratkaisuja, jotka auttavat heitä eteenpäin ongelman selvittämisessä. Opettajan tulee myös kannustaa oppilaita oma-aloitteisuuteen ja aktiiviseen toimijuuteen osana ryhmäänsä, ja yhdessä ratkaisemaan ongelmia, eikä välittömästi turvautumaan opettajaan niiden ilmetessä. Oppitunnin aikana opettajan suurin haaste lienee tukevan ja kannustavan ilmapiirin luominen, jossa oppilaat kokevat turvalliseksi ilmaista itseään, ottaa riskejä, ja näin toimia täydellä potentiaalillaan niin vuorovaikuttajana kuin oppijanakin. Toinen suuri haaste monelle opettajalle on pystyä pysyttelemään oppitunneilla taka-alalla ja olla puuttumatta ryhmien toimintaan, ohjaamalla sitä oman näkemyksensä mukaiseen suuntaan. Ongelmaperustaisella oppitunnilla opettajan tulee sen sijaan antaa oppilaille tilaa toimia itse oman oppimisensa luovina johtajina, ja myös epäonnistua sekä oppia siitä.

Taka-alalla ollessaan ja havainnoidessaan ryhmien ongelmanratkaisuprosesseja, opettajalle jää ongelmaperustaisella oppitunnilla enemmän aikaa ja mahdollisuuksia arvioida oppimistilannetta ja oppilaita kuin opettajajohtoisella oppitunnilla. Tämän ansiosta opettaja voi oppimistilannetta tarkastelemalla tarpeen vaatiessa myös säädellä sitä. Esimerkiksi tehtävän ollessa liian helppo tai vaikea, opettaja voi muuttaa oppimistavoitteita joko lisäämällä tai kasvattamalla vaatimuksia. Arviointi liittyy myös erottamattomasti oppilaiden aktiivisuuteen, suoriutumiseen ja oppimis- sekä osaamistavoitteiden täyttymiseen. Näitä tarkasteltaessa, arviointi voidaan Delislen (1997) sekä Bridgesin ja Edwinin (1992) mukaan kohdistaa yksittäisiin oppilaisiin, oppilasryhmiin tai koko luokan yhteiseen toimintaan. Arviointia voidaan tehdä esimerkiksi oppilaiden toiminnasta ja aktiivisuudesta, tieteellisen kielen hyödyntämisestä, tiedon etsimisestä sekä päättelyprosesseista, ja sitä voidaan halutessa syventää ja varmistaa esimerkiksi tietyille ryhmille tai oppilaille osoitetuilla aiheeseen liittyvillä kysymyksillä. Tärkeää on myös antaa oppilaille palautetta heidän oppimisprosessistaan, kommentoida sen kehitystä ja ehdottaa ideoita oppimisen kehittämiseksi tulevaisuudessa. Erittäin suurten ryhmien kohdalla opettaja ei välttämättä kuitenkaan ehdi arvioimaan tai antamaan palautetta kaikille oppilaistaan. Eilks ja Hofstein (2013) korostavat tällaisissa tilanteissa itsearvioinnin tärkeyttä ja kehottavat sen hyödyntämistä osana ongelmaperustaista opetusmenetelmää tilanteen vaatiessa. Opettajan on myös osattava arvioida

omaa suoriutumistaan oppilaiden ohjaajana sekä käyttämänsä opetusmenetelmän toimivuutta, ja pyrittävä aktiivisesti kehittämään niitä havaintoihinsa perustuen.

Ongelmaperustaisen opetuskerran päätteeksi opettajan on hyödyllistä käydä palautekeskustelu oppimistilanteesta oppilaittensa kanssa. Bridges ja Edwin (1992) kehottavat, että keskustelussa kannattaa tuoda esille eri ryhmien hyödyntämät ongelmanratkaisumenetelmät, joita voidaan ensin yhteisesti arvioida ja sitten pohtia sitä, mitkä niistä toimivat tehokkaimmin. Näin oppilaat voivat tunnistaa, mitkä seikat omassa ja ryhmänsä toiminnassa toimivat ja mitkä eivät. Stepienin ja Gallagherin (1993) mukaan samalla on hyvä myös viimeistään tässä vaiheessa varmistua, että oppilaat ovat saavuttaneet heille asetetut oppimistavoitteet. Tämän vuoksi oppitunnin lopuksi tai sen jälkeen on hyvä kerrata ongelmaperustaisen oppitunnin keskeiset asiakokonaisuudet ja niiden pääperiaatteet yhdessä oppilaiden kanssa.

Suhteessa toisiin opetusmenetelmiin, ongelmaperustaisella opetusmenetelmällä voi olla opettajan toiminnan kannalta monia akateemisia ja sosiaalisia etuja. Kuitenkin myös sen sisällä on omat haasteensa, joista suurin lienee menetelmän hyödyntämiseen vaadittava korkea pätevyystaso. Schugin (2003) mukaan opettajan tulee ensinnäkin taitotasolla hallita tai ainakin osata oman ydinalueensa lisäksi poikkitieteellistä tietoa tarkasteltavasta ongelmailmiöstä, mikä on jo itsessään enemmän kuin moni opetusmenetelmä tulee opettajalta tiedollisesti vaatimaan. Toisekseen opettajan tulee olla taitava arvioimaan ryhmän sosiaalista rakennetta, mutta samalla toimimaan eettisesti ja huomioimaan lukuisia tilannetekijöitä oppitunnin kulun aikana. Konkreettisesti tämä näyttäytyy oppilaiden taitotasojen arvioimisena, tehtävän haastavuuden suhteuttamisena, sukupuolten ja etnisyyksymysten huomioimisena ja tasa-arvoisuuden ylläpitämisenä. Schug (2003) toteaa, että ongelmaperustainen opetusmenetelmä voi menettää toimivuutensa ja kääntyä jopa haitalliseksi, jos opettaja epäonnistuu yhdessäkin näistä ongelmaperustaisen opetusmenetelmän toimivuuden kannalta keskeisistä alueista. Koulumaailmassa näin myös usein käy, ja Schugin (2003) mukaan harva opettaja noudattaa tai onnistuu kaikissa näistä tavoitteista. Moni kyllä nimellisesti hyödyntää ongelmaperustaista tai yhteisöllistä ja oppilaslähtöistä työskentelyä, mutta tosiasiasa ne jäävät liian usein kyseisten opetusmenetelmien luurangoiksi. Saatetaan esimerkiksi hyödyntää pienryhmätyöskentelyä, mutta itse ryhmät on muodostettu täysin satunnaisesti ja ajattelematta ryhmän tarpeita tai valittu tehtävä on poimittu jostakin valmiista mallista kohdistamatta sitä ryhmälle sen tarkemmin.

Guthrien (1990) mukaan ongelmaperustaisen opetuksen jatkuva ylläpito voi olla opettajalle myös raskasta. Vaikka ongelmaperustaisella oppitunnilla opettajalla on aikaa keskittyä paremmin arviointiin ja olla enemmän taka-alalla kuin opettajajohtoisella oppitunnilla, itse oppitunnin suunnitteluun kuluva työmäärä on huomattavan suuri. Tämä muodostuu ongelmaksi

erityisesti nykypäivän opetuksessa Suomessa, missä opetettavien ryhmien koot ovat jatkuvasti kasvaneet ja ryhmien sisäinen koostumus on monin tavoin muuttunut ja lisännyt opettajaan kohdistuvia vaatimuksia ja haasteita. Uusimpien opetussuunnitelmien perusteiden (Opetushallitus 2014; Opetushallitus, 2019) ohjeistusten mukaisesti oppimisvaikeuksista ja muista haasteista kärsiviä erityisryhmiä on lakkautettu ja niiden oppilaat on integroitu osaksi tavallista opetusta saavia ryhmiä, syrjäytymisen ja muiden negatiivisten sosiaalisten haittavaikutusten vähentämiseksi. Tämä on asettanut tavallisesta opetuksesta vastuussa oleville opettajille paljon lisähaasteita eriyttämisen ja kasvatuksellisten vaatimusten muodoissa. Toisin sanottuna samalla, kun opettajien ryhmäkoot ja opetuksen määrä lisääntyvät, heiltä myös vaaditaan laadukkaampaa ja yksilöivämpää opetusta. Nämä kaksi seikkaa ovat vahvassa ristiriidassa keskenään ja kuormittavat nykypäivän opettajia. Tähän yhdistettynä lisää työtä tuottavan ongelmaperustaisen opetusmenetelmän käyttöön ottaminen ei joka tilanteessa ole hyvä idea. Ongelmaperustaisten oppituntien vaatiessa laadukasta suunnittelutyötä, jo raskaasti kuormittuneiden opettajien ei välttämättä ole mahdollista taata ja ylläpitää laadukkaasti suunniteltuja oppitunteja jokaiselle ryhmistään. Tässä suhteessa koulunsisäinen ja -välinen yhteistyö opettajien keskuudessa voi osoittautua voimavaraksi ja paremmin mahdollistaa ongelmaperustaisen opetusmenetelmän aktiivisen hyödyntämisen, esimerkiksi oppituntisuunnitelmien ja ongelmien jakamisen sekä ideoinnin kautta.

Toisaalta myös koulukohtaiset rajoittavat tekijät voivat haastaa ongelmaperustaisen opetuksen järjestämistä. Esimerkiksi opetusmenetelmän vaatimia tiloja tai välineitä ei välttämättä ole kaikissa kouluissa saatavilla. Uuteen opetusmenetelmään kouluttaminen on myös hyvin oleellista, jotta siitä saadaan mahdollisimman laadukasta ja tehokasta. Kouluilla ei välttämättä ole tällaiseen riittäviä resursseja tai pätevyyttä (Guthrie, 1990).

Ongelmaperustaista opetusmenetelmää hyödynnettäessä myös opettajat itse joutuvat usein tekemisiin aiheiden kanssa, joista heillä ei välttämättä ole paljoa tietämystä. Tämä johtuu siitä, että ongelmaperustainen opetusmenetelmä on aina sidottuna oikean maailman käytännön ongelmiin, jotka ovat poikkeuksetta monitieteellisiä. Opettaja ei kykene hallitsemaan tällaisen ilmiön jokaisen ulottuvuuden konsepteja samalla tasolla, vaikka hän olisi oman alansa ammattilainen. Tämän vuoksi opettajat eivät välttämättä kykene antamaan suoria vastauksia kaikkiin oppilaidensa kysymyksiin. Sen sijaan ongelmaperustaista opetusmenetelmää hyödyntäessään hänen täytyy hyväksyä se fakta, että antaakseen pätevän vastauksen, opettaja joutuu usein etsimään tietoa myös itse. Näin tätä opetusmenetelmää hyödyntäessään myös opettajasta itsestään tulee oppija, mikä voi Boudin ja Felettin (1997) mukaan tuntua monelle

opettajalle epämieluisalle ja johtaa menetelmän kaihtamiseen, peläten auktoriteettinsa heikkenemistä ja kontrollin menettämistä.

3.5 Ryhmätyöskentely

Ongelmaperustainen opetusmenetelmä suosii pienryhmissä toimimista sen lähtökohtaisena työskentelymuotona. Tämä johtuu ensinnäkin siitä, että ongelmaperustaisen oppitunnin ongelmat ovat usein hyvin haastavia, eikä jokainen oppilas kykene ratkaisemaan niitä itsenäisesti. Ryhmässä työskennellessään oppilaat oppivat toisiltaan ja heidän on mahdollista täydentää aukkoja toistensa tietämyksessä opeteltavan asian parissa. Eilksin ja Hofsteinin (2013) mukaan 3–5 oppilaan muodostamat ryhmät toimivat tehokkaimmin, sillä silloin ryhmän jäseniä on riittävästi, muttei kuitenkaan liikaa. Suuremmissa ryhmissä osalle sen jäsenistä voi helposti muodostua mahdollisuus luistaa tehtävistä tai jäädä taka-alalle, jolloin heidän henkilökohtainen oppimisensa kärsii.

Toisaalta ongelmaperustaisen opetusmenetelmän taustalla oleva konstruktivistinen oppimiskäsitys näkee oppimisen prosessiksi, joka tapahtuu irrottamattomasti vuorovaikutuksessa toisten kanssa (Eteläpelto, 2016). Nykyopetuksessa oppiminen nähdään sosiaalisena ilmiönä, ja moni koulutusalan ammattilainen – kuten Vaskuri (2017) – kokeekin tärkeäksi, että oppilaiden on mahdollista päästä itsenäisen toiminnan lisäksi työskentelemään erikokoisissa ja erilaisissa ryhmissä yhdessä toisten kanssa. Samasta syystä myös opetushallitus (2015) määritteli jo aikaisemmassa lukion opetussuunnitelman perusteissa kemian opetuksen tavoitteiksi ohjata oppilasta toteuttamaan tutkimuksia yhteistyössä muiden kanssa, mutta myös käsittelemään, tulkitsemaan ja esittämään omien tutkimusten tuloksia sekä arvioimaan niitä ja koko tutkimusprosessia yhteisesti. Opetushallitus (2015) kertoo yhteistyöllisen tutkimuksen tekemisen olevan tärkeässä roolissa oppilaiden käsitteiden sisäistämisessä, tutkimustaitojen oppimisessa, luovan ja kriittisen ajattelun kehittymisessä, ja ylipäänsä luonnontieteiden luonteen hahmottamisessa. Kaiken lisäksi yhteistyöllisesti toimittaessa, luonnollisesti myös itse yhteistyölliset taidot kehittyvät.

Opetushallituksen ja koulutuksesta vastaavien tahojen yhteistyötä ja ryhmätyöskentelyä korostavat arvot perustuvat pitkälti Vygotskyn (1978) sosiaaliskonstruktivistiseen teoriaan. Vygotsky (1978) painottaa vahvasti sosiaalisten vuorovaikutusten tärkeyttä osana oppimisprosesseja. Hän itseasiassa väittää, että lapsen kognitiivisten toimintojen ja kyvykkyyksien kehitys on suoraan yhteydessä oppimisen aikana tapahtuviin sosiaalisiin vuorovaikutuksiin tai jopa niin, että oppiminen ja sen laatu ovat sosiaalisten vuorovaikutusten

seurausta. Hänen kehittämä konstruktivistinen teoriasa hyödyntää paljolti tätä näkemystä ja kietoutuu nimenomaan sosiaalisten vuorovaikutusten ympärille.

Vygotsky (1978) jakaa kyvyn oppia kolmeen vyöhykkeeseen (kuva 1), joita toisistaan erottaa käsiteltävän asian haastavuus. Vyöhykkeitä tarkasteltaessa voidaan Vygotskyn mukaan ajatella, että mitä haastavampi opittava asia on, sitä suuremman kognitiivisen kapasiteetin yksilön tarvitsee sen käsittelemiseen. Ensimmäinen vyöhykkeistä käsittää kaiken sen tiedon, johon oppijan kognitiivinen kapasiteetti sillä ajanhetkellä riittää, ja minkä oppija voi itsenäisen toimintansa avulla käsittää ja oppia. Toinen vyöhyke on Vygotskyn määrittelemä lähikehityksen vyöhyke (engl. *zone of proximal development, ZPD*). Lähikehityksen vyöhyke käsittää tiedon, joka sillä hetkellä ylittää oppijan kognitiivisen kapasiteetin, mutta mitä hänen on mahdollista oppia ja saavuttaa oikeanlaisen sosiaalisen tuen läsnä ollessa. Viimeinen vyöhyke koostuu oppijalle haastavimmasta tiedosta ja ylittää hänen kognitiivisen kapasiteettinsa niin paljon, ettei hänen ole sillä hetkellä mitään mahdollisuutta käsittää sen sisältöjä.



Kuva 1. Sosiaaliskonstruktivistiset kolme oppimisen vyöhykettä (Mukaiillen Taber, 2020).

Ensimmäinen ja viimeinen vyöhyke ovat itsessään hyvin selkeitä, mutta toinen – lähikehityksen vyöhyke – ei niinkään. Sille yltäminen ei ole mahdollista yksin, vaan kuten Vygotsky toteaa, vaatii tietynlaista sosiaalista tukea. Mikä tahansa sosiaalinen kanssakäyminen ei riitä, vaan tuen tulee tulla käsiteltävässä aiheessa pätevämmältä taholta. Tämä voi olla esimerkiksi opettaja, asiantuntija tai tuutor, mutta myös toinen oppija. Vygotsky (1978) näkeekin, että toimiessaan erityisesti vertaisten kanssa oppija kykenee saavuttamaan ja oppimaan enemmän kuin hän kykenisi itsenäisesti eli saavuttaa oppimisessaan lähikehityksen vyöhykkeen. Vygotsky (1978)

näkeekin erityisesti ryhmätyöt oppimisprosessin kannalta tärkeänä menetelmänä ja tehokkaana keinona kehittää uusia taitoja ja strategioita. Hän kehottaa opettajia hyödyntämään yhteistyötä hyödyntäviä opetusmenetelmiä ja harjoituksia opetuksensa lähtökohtana. Tällöin käsiteltävässä aiheessa erityisesti heikommin pärjävien on mahdollista kehittyä tehokkaammin, jos pätevempien vertaisten tuki auttaa heitä oppimaan lähikehityksen vyöhykkeellä. Ongelmaperustaista opetusmenetelmää hyödynnettäessä tämä tarkoittaa McLeodin (2020) mukaan käytännössä sitä, ettei opettajan tulisi jakaa ryhmiä oppilaiden tasojen mukaan homogeenisesti, vaan päin vastoin niin, että jokainen ryhmä koostuu eritasoisista oppilaista.

Lähikehityksen vyöhykkeen tehokas hyödyntäminen opetuksessa vaatii Vygotskyn (1978) mukaan opetuksesta vastaavalta taholta kykyä hyödyntää niin kutsuttua *scaffoldingia*. *Scaffolding* on Vygotskyn määrittelemä termi menetelmälle, jolle ei ole olemassa yksinkertaista tai täsmällistä suomennosta. Se voitaisiin kenties löyhästi suomentaa oppimisen ohjatuksi tukemiseksi, mutta se ei itsessään kuvasta koko menetelmää riittävän kattavasti. McLeodin (2020) mukaan *scaffolding* on sitä, että opetuksesta vastaava taho haastaa oppijaa oppimistehtävällä tai aiheella, joka ylittää oppijan yksilölliset kyvyt ja kognitiivisen kapasiteetin jonkin verran, muttei kuitenkaan liikaa. Tehtävän suorituksen yhteydessä oppilaalle pitää kyetä tarjoamaan sen laatuista sosiaalista tukea, jonka avustuksella oppilaan on mahdollista toimia lähikehityksen vyöhykkeellä, ja siten saavuttaa oppimistavoitteita hänelle tavallisesti liian vaativankin haasteen parissa. Vygotskyn mukaan taitavasti *scaffoldingia* hyödyntävä opettaja osaa kohdistaa ja suunnata laatimansa opetuksen niin, että hänen oppilailtaan on aina mahdollisuus toimia lähikehityksen vyöhykkeellä ja siten oppia mahdollisimman tehokkaasti. Toisin sanottuna opettajan on tärkeää osata tarjota sosiaalista tukea oppilailleen joko oman toimintansa tai ryhmätyöskentelyn avulla, mutta toisaalta myös osata laatia ja valita sopivan haastavia ongelmia sekä aiheita oppilaille ja eriyttää niiden sisäisiä vaatimuksia oppilaiden kyvykkyyksien mukaan.

Kaiken kaikkiaan pienryhmätyöskentelyn suosiminen ongelmaperustaisessa opetusmenetelmässä perustuu siis ensinnäkin sille, että vaikeiden asioiden kohtaaminen ja käsittely on helpompaa ryhmässä. Toisaalta ryhmässä toimiminen myös mahdollistaa vaikeampien asioiden tehokkaamman oppimisen ja samalla tasoittaa eritasoisten oppilaiden välistä kuilua, mahdollistaen erityisesti heikompien oppilaiden pärjäämisen vaativia aiheita käsiteltäessä.

4 Kognitiiviskonstruktivistinen oppimiskäsitys

Kuten todettu, nykypäivän opetussuunnitelmien perusteet pohjautuvat opetushallituksen (2014 ja 2019) mukaan kognitiiviskonstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Tämän oppimiskäsityksen mukaan opittu tieto ei vastaa todellisuutta täydellisesti, vaan ainoastaan pyrkii matkimaan ja edustamaan sitä mahdollisimman hyvin. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan tieto on lisäksi aina yksilöllistä, ja jokainen henkilö rakentaa eli konstruoi tietoa ainutlaatuisella tavalla. Kahden henkilön tietoisuus samasta asiasta ei siis koskaan ole täysin identtistä, vaan molempien oma tulkinta todellisuudesta konstruoi hieman erilaisen tietoedustuksen. Huitt ja Hummel (2003) kirjoittavat, että konstruktivistinen näkemys oppimisesta ottaa vahvasti vaikutteita alun perin Piaget'n kehittämästä kognitiivisen kehityksen teoriasta. Heidän mukaansa Piaget nähdään aiemmin mainitun Vygotskyn rinnalla toisena kehityspsykologian konstruktivistisen suuntauksen kantaisista. Siinä missä Vygotsky edusti sosiaaliskonstruktivismia, Piaget edusti kognitiiviskonstruktivismia. Jo konstruktivismiin keskeisin termi *konstruoida* on itse asiassa alun perin Piaget'n kehittämä ja osa hänen kehityspsykologista teoriaansa. Piaget'n merkittävimmät vaikutukset konstruktivistiseen suuntaukseen kumpuavat hänen teoriastaan ihmisen kognitiiviselle kehitykselle, mikä on säilynyt lähes muuttumattomana tähän päivään asti, ja mitä hyödynnetään edelleen laajalti niin tutkimuksessa kuin koulutuksessakin. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä on esimerkki kognitiiviskonstruktivistisen oppimiskäsityksen pohjalta kehitetyistä käytännön sovellutuksista koulutuksen maailmassa (Dobbs, 2008; McLeod, 2020).

4.1 Kognitiivisen tiedon rakentuminen

Piaget'n (1976) kognitiivisen kehityksen teorian mukaan ihminen pyrkii sopeutumaan ympäristöönsä niin kutsuttujen skeemojen avulla. Huitt ja Hummel (2003) määrittelevät skeemat henkilön itsensä rakentamiksi yksilöllisiksi ja ainutlaatuisiksi kognitiivisiksi edustuksiksi ympäröivästä maailmasta. Piaget'n mukaan skeemat toimivat yksilön lähtökohtana kaikille kognitiivisille toiminnoille, niin myös oppimiselle. Yksilö rakentaa eli konstruoi juuri skeemojensa toimintamallien mukaisesti uutta tietoa ja johdonmukaisuuksia ympäristöstään. Näiden konstruktien vaikutuksesta, niin henkilön käsitteellinen kuin toimintaakin edustava tieto lisääntyy ja täsmentyy.

Piaget (1976) tunnistaa skeemojen muodostumisessa ja muokkautumisessa kaksi prosessia: assimilaation ja akkommodaation. Huittin ja Hummelin (2003) mukaan assimilaatiossa yksilö sopeutuu uuteen haasteeseen pyrkimällä soveltamaan jo opittua tietoa eli skeemaa ratkaistakseen uuden haasteen, ja onnistuessaan liittyy uuden haasteen sisältöjä osaksi tätä olemassa olevaa skeemaa, laajentaen sitä. Perustuen aiempaan tietoonsa *eläimestä* lapsi pystyy

esimerkiksi ensimmäistä kertaa Afrikassa vieraillessaan ja leijonan nähdessään käsittämään ja liittämään tämän uuden eliön osaksi aikaisempaa käsitystään *eläimestä* ja siten laajentaa skeemaansa termistä *eläin*. Huittin ja Hummelin (2003) mukaan akkommodaatioissa tiedon lisäämisen sijaan henkilö muokkaa jo olemassa olevaa tietoa eli skeemaa uutta haastetta ratkaistessaan, ja pyrkii siten parantamaan aikaisempaa edustustaan todellisuudesta. Esimerkiksi jos lapsi on kuullut tarinoita leijonasta, muttei koskaan ole nähnyt sellaista, hänelle on muodostunut jonkinlainen skeema termistä *leijona*, vaikkei se vastaisi todellisuutta kovinkaan hyvin. Hän saattaa vaikkapa luulla, että leijona kävelee kahdella jalalla tai on talon kokoinen. Nähdessään leijonan, tämä aito leijona ja lapsen skeema *leijonasta* eivät sovikaan yhteen. Lapsi kokee kognitiivisen ristiriidan, jolloin hänen skeemansa leijonasta muuttuu. Lapsen tietoisuus termistä *leijona* ei laajene – kuten assimilaatioissa – vaan sen sijaan muokkautuu perustavanlaatuisesti. Heick (2019) esittää assimilaation ja akkommodaation prosessit seuraavasti:

Ajattele skeemoja astioina. Assimilaatioissa oppija sovittaa kohtaamiaan uusia ideoita näihin astioihin, täyttäen niitä. Akkommodaatioissa kohdattu uusi tieto on merkittävämpää ja vaatii oppijaa muokkaamaan itse astioiden muotoa.

Dobbsin (2008) mukaan ongelmaperustainen opetusmenetelmä hyödyntää ansiokkaasti sekä assimilaation että akkommodaation prosesseja. Ongelmaa oppilaslähtöisesti ratkaistessaan ja tietoa aktiivisesti etsiessään oppilaat joutuvat jatkuvasti arvioimaan vastaan tulevan tiedon ja jo omaavansa tiedon suhdetta. Kohdattu uusi tieto käy aina ensin läpi oppilaan tiedon kriittisen arvioimisprosessin. Arvioinnin perusteella uusi tieto voidaan sisällyttää osaksi olemassa olevia tietorakenteita, jos uuden ja olemassa olevan tiedon koetaan sopivan samoihin lainalaisuuksiin ja ne ovat luonteeltaan samankaltaisia. Toisaalta olemassa olevia tietorakenteita voidaan myös korvata uudella tiedolla, jos sen nähdään olevan ristiriidassa olemassa olevan tiedon kanssa, ja jos uusi tieto koetaan pätevämmäksi. Uusi tieto voidaan myös hylätä, jos vuorostaan olemassa oleva ristiriitainen tieto koetaan pätevämmäksi. Kuten voidaan huomata, nämä ongelmaperustaisen oppimisen tiedonkäsittelyn vaiheet vastaavat lähes täsmälleen Piaget'n määritelmiä assimilaation ja akkommodaation oppimisprosesseista. Ongelmaperustaisessa oppimisessa kohdattu tiedon kriittinen arviointi, korvautuminen ja hylkääminen ovatkin itse asiassa jokainen assimilaation ja akkommodaation prosesseja, kuten Huittin ja Hummelin (2003) määritelmien mukaan aiemmin todettiin.

4.2 Kognitiivisen kehityksen vaiheet

Piaget'n (1976) kognitiivisen kehityksen teorian toisen merkittävän kokonaisuuden mukaan ihmisen kognitiivisen toiminnan – johon sisältyy mm. ajattelu, muisti, ongelmanratkaisu, päätöksenteko ja tarkkaavaisuus – kehitys etenee vaiheissa. Näitä vaiheita on neljä ja niistä ensimmäinen on sensomotorinen vaihe, jonka aikana oppiminen sekä ympäristön tietoinen havainnointi on vielä hyvin rajoittunutta. Kaikki kognitiivinen toiminta ja kehitys perustuvat ja ovat sen aikana sidoksissa motorisiin liikkeisiin, ilmeisiin ja eleisiin. Toinen vaihe on esioperationaalinen vaihe, johon tultaessa lapsi pystyy tulkitsemaan ja hyödyntämään symboleita, ilmaisemaan itseään kielellisesti, ja mielikuvituksen sekä muistin prosessit alkavat toimia. Ajattelu on kuitenkin vielä täysin egosentristä, eikä lapsi kykene hyödyntämään logiikkaa päättelyssään tai oppimisessaan. Kolmas vaihe on konkreettisten operaatioiden vaihe, jonka aikana lapsi kykenee hyödyntämään logiikkaa yhdistääkseen symboleita ja suureita konkreettisiin esineisiin. Egosentrisyydestä siirrytään tähän vaiheeseen tultaessa operationaaliseen ajatteluun ja lapsi kykenee käsittämään syy-seuraussuhteita. Viimeinen vaihe on formaalien operaatioiden vaihe, jonka yhteydessä henkilön operationaalinen ajattelu kehittyy käsittämään symbolien ja monimutkaisten edustusten yhteyksiä konkreettisten esineiden lisäksi myös abstrakteihin käsitteisiin.

Nämä vaiheet ja niissä eteneminen ovat jokaiselle ihmiselle yksilöllisiä, mutta ne ovat myös vahvasti riippuvaisia yksilön iästä. Piaget tutki ja määritteli jokaiselle kognitiivisen kehityksen vaiheelle ikään perustuvat ajanjaksot ja siirtymät (taulukko 1). (Wood ym., 2001)

Taulukko 1. Kognitiivisten kehitysvaiheiden ikään perustuvat siirtymät Piaget'n mukaan. (Wood ym., 2001)

Kognitiivisen kehityksen vaiheet	Ikä (vuosi)
Sensomotorinen vaihe	0–2
Esioperationaalinen vaihe	2–7
Konkreettisten operaatioiden vaihe	7–11
Formaalien operaatioiden vaihe	12–

Kognitiivisen kehityksen vaiheet ovat edelleen nykypäivänä merkittävässä roolissa. Opetushallituksen laatimat ja Suomessa valtakunnallisesti noudatettavat opetussuunnitelmien perusteet (OPS) niin peruskoulun (POPS) (Opetushallitus, 2014) kuin lukionkin (LOPS) (Opetushallitus, 2019) osalta on pyritty laatimaan näitä kehitysvaiheita ja niiden tarpeita

mukaillen. Esimerkiksi alakoulun opetussuunnitelmaan ei ole sisällytetty abstrakteja sisältöjä, sillä kognitiivisten kehitysvaiheiden mukaan lapset voivat tavallisesti yltää formaalien operaatioiden vaiheeseen vasta 12 ikävuoden jälkeen, eivätkä siksi kykene käsittämään abstrakteja sisältöjä vielä alakouluikässä. Näin opetussuunnitelmat on laadittu kohdistamaan opetusta mahdollisimman täsmällisesti ja valikoimaan opetussisältöjä ja niiden vaativuutta vastaamaan oppilaan ikäluokan kyvykkyyksiä. Jos opetussuunnitelmat onnistuvat tässä tavoitteessaan, opetettava sisältö on kohderyhmälleen haastavaa, muttei liian vaikeaa. Käytännön opetuksessa nämä opetussuunnitelmien muutokset näkyvät valinnoissa, niin käytettyjen opetusmenetelmien – kuten opettajajohtoisen ja ongelmaperustaisen opetusmenetelmän – kuin tiedon lähestymistapojenkin suhteen. Hyvin toteutetussa opetuksessa opetussuunnitelma on valittu tukemaan kohderyhmän tarpeita mahdollisimman hyvin. Oppilasryhmän koostuessa esimerkiksi 9-vuotiaista lapsista, Piaget'n teoria kognitiivisesta kehityksestä kehottaa valitsemaan ilmiölähtöisen ja konkreettinen lähestymistavan tietoon, sillä suurin osa kyseisistä oppilaista on todennäköisesti kognitiiviselta kyvykkyydeltään konkreettisten operaatioiden vaiheen tasolla, jolloin he kykenevät käsittämään oikean maailman ilmiöiden ja esineiden merkityksiä sekä syy-seuraussuhteita. Teorialähtöisen lähestymistavan valitseminen olisi Piaget'n kognitiivisten kehitysvaiheiden mukaan puolestaan ongelmallista, sillä kyseinen oppilasryhmä ei todennäköisesti kykene vielä käsittämään teoreettiselle lähestymistavalle tyypillisten abstraktien edustusten merkityksiä, johon ylletään vasta formaalien operaatioiden vaiheessa.

4.3 Konstruktivistinen kehitysteoria nykyopetuksessa

Piaget'n kognitiivisista kehitysvaiheista on myöhemmin löydetty ongelmakohtia ja alkuperäisen teorian kanssa ristiriitaista tutkimustietoa. Havaitut ongelmat eivät liity teorian sisältöön tai kognitiivisten kehitysvaiheiden määrittelyn oikeellisuuteen. Päinvastoin nämä osa-alueet Piaget'n teoriasta ovat kestäneet aikaa hyvin ja säilyneet nykyhetkeen asti lähes muuttumattomina. Kritiikki on sen sijaan kohdistunut Piaget'n käyttämiin menetelmiin alkuperäisen tutkimusdatansa keräämiseksi. Childsin (2009) mukaan Piaget'n kognitiivisiin kehitysvaiheisiin johtaneen tutkimusdatan otannat eivät olleet valideja. Childs (2009) väittää Piaget'n otantojen tapahtuneen pienestä oppilaiden eliittijoukosta, minkä vaikutuksesta Piaget'n teoria yliarvioi ikäluokkien kyvykkyyksiä ja siirtymisajankohtia kognitiivisissa kehitysvaiheissa. Jo Shayerin ja Adeyn (1981) yläkouluikäisiin oppilaisiin kohdistunut tutkimus tuotti eriäviä tuloksia Piaget'n alkuperäisen tutkimuksen kanssa. Heidän mukaansa vain 30 % yläkoululaisista ylsi formaalien operaatioiden vaiheen tasolle 16 vuoden iässä.

Kognitiivisissa kehitysvaiheissa etenemisessä on toisaalta huomattu eroavuuksia myös nykypäivän ja menneen ajan oppilaiden välillä. Childsin (2009) mukaan huomattavasti suurempi osa 1960-luvun oppilaista ylsi formaalien operaatioiden vaiheeseen suhteessa 2000-luvun oppilaisiin. Shayerin ym. (2007) tutkimus itseasiassa osoittaa, että Iso-Britannian 12-vuotiaiden oppilaiden kognitiivisen kyvykkyyden taso oli laskenut tasaisesti jo 27 vuoden ajan vuoteen 2007 tultaessa.

Shayer ja Adey (1981) osoittivat 1980-luvun lukiolaisista 70 % olevan kyvyttömiä käsittämään abstraktia tietoa ja saavuttamaan formaalien operaatioiden vaihetta, minkä jälkeen nuorten kognitiivinen kyvykkyys on vain entisestään laskenut. Kuten Guthriekin (1990) toteaa, ei ole mikään ihme, ettei suurin osa nykypäivän oppilaista koskaan saavuta formaalien operaatioiden vaihetta vielä toisen asteen koulutuksensa aikana. Childsin (2009) mukaan tämä tarkoittaa myös sitä, etteivät opetuksesta vastaavat tahot voi myöskään olettaa, että nykypäivän opiskelijat kykenisivät abstraktiin ajatteluun vielä yliopistoon saapuessaankaan.

Opetussuunnitelmien noudattaessa edelleen Piaget'n luomaa kognitiivisten kehitysvaiheiden mukaista oppimiskäsitystä, ne ohjaavat opettajia sisällyttämään huomattavan paljon abstrakteja opetusmateriaaleja osaksi lukio-opetusta. Kaiken lisäksi formaalien operaatioiden vaiheen kyvykkyyttä vaativan materiaalin suhteellista osuutta on lukioissa vieläpä jatkuvasti lisätty. Tämä on ristiriidassa lukiolaisten kognitiivisen kyvykkyyden heikkenemiseen ja tosiasiaan siitä, että suurin osa heistä on kognitiiviselta kyvykkyydeltään vielä konkreettisten operaatioiden vaiheessa, eivätkä siksi edes kykene käsittämään heille kohdistettuja abstrakteja opetusmateriaaleja. Nykypäivän lukio-opetuksen vaatimukset ja lukiolaisten kyvykkyydet eivät siis kohtaa. Guthrien (1990) mukaan tämän seikan laiminlyönti johtaa koulutuksellisten opetus- ja oppimistavoitteiden epäonnistumiseen. Hän väittää, että jos opettajia vaaditaan käyttämään toimimattomia opetusmenetelmiä opettaakseen oppilaille asioita, joita he eivät voi oppia, on itse opetussuunnitelma viallinen.

4.4 Konstruktivismi eri opetusmenetelmissä

Perinteiset opetusmenetelmät, kuten opettajajohtoinen opetus näyttäytyvät hyvin usein teorialähtöisinä. Opettaja toimii tällöin tiedon välittäjänä oppilailleen, mikä perinteisesti tapahtuu käymällä ensimmäiseksi läpi opeteltavan asian teoriaa. Vasta itse teorian jälkeen perehdytään opitun asian käytännön sovellutuksiin, jos silloinkaan. Kun opetus aloitetaan teorialla, sitomatta sitä käytännön ilmiöön tai kontekstiin, tulee oppijoiden hallita abstrakti ajattelu ja yltää kognitiiviselta kyvykkyydeltään formaalien operaatioiden vaiheen tasolle, jotta he voivat käsitellä tätä tietoa kokonaisvaltaisesti.

Ongelmaperustainen opetusmenetelmä vuorostaan perustuu suoraan konstruktivistiseen teoriaan ja pyrkii sen myötä tietoisesti eroon perinteisten menetelmien objektivistisesta ja ulkoa opetteluun perustuvasta oppimisesta (McLeod, 2020). Ongelmaperustainen opetusmenetelmä sitoo opetettavan asian automaattisesti oikean maailman ilmiöihin ja konteksteihin, minkä vuoksi sen lähestymistapa tietoon on aina ilmiölähtöinen. Tämän laatuinen opetus palvelee formaalien operaatioiden vaiheessa olevien oppilaiden lisäksi myös konkreettisten operaatioiden vaiheessa olevia oppilaita. Oppilaiden on tällöin mahdollista sitoa teoria johonkin konkreettiseen esineeseen tai ilmiöön, joka on konkreettisten operaatioiden vaiheessa tapahtuvan oppimisen edellytys. Konstruktivistisen oppimiskäsityksen mukaan oppimisprosessin tulee sisältää oikean maailman ilmiöitä ja niiden käsittelyä, jotta laadukas oppiminen on mahdollista (Scheurs ja Dumbraveanu, 2014). Ongelmaperustainen opetusmenetelmä palvelee myös tätä periaatetta hyvin, sillä sen opetus perustuu oikean maailman ilmiöiden suoralle hyödyntämiselle ja tarkastelemiselle.

Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän soveltuvuudesta konkreettisten operaatioiden vaiheessa oleville oppilaille on noussut myös kritiikkiä ja ristiriitaisia mielipiteitä. Guthrien (1990) mukaan jo itse ongelmanratkaisu on prosessi, jonka hallitseminen vaatisi formaalien operaatioiden vaiheen tasoista kognitiivista kyvykkyyttä. Dobbs (2008) on kuitenkin eri mieltä, ja hänen mukaansa ongelmaperustaista opetusmenetelmää voidaan soveltaa tukemaan kognitiiviselta kyvykkyydeltään eritasoisten oppilaiden oppimista yhtäläisesti ja yhtäaikaaisesti.

5 Oppimismotivaatio

Motivaatio on Quinnin (2006) mukaan kokemusperäinen ja dynaaminen prosessi, joka auttaa kohdistamaan kognitiivisia resurssejamme sekä ohjaamaan toimintaamme tavoitteellisesti ja tarkoituksellisesti. Oppimismotivaatiosta puhutaan silloin, kun motivaation kohteeseen liittyy kognitiivista toimintaa – erityisesti oppimista. Sitä on Nurmen (2009) mukaan tutkittu paljon 1970-luvulta lähtien ja sen merkitys on nykypäivään tullessa jatkuvasti korostunut sekä kasvatustieteissä että erityispedagogiikassa. Oppimismotivaation määrä ja laatu pitkälti määrittelevät, miten paljon olemme valmiita panostamaan ja käyttämään resurssejamme uusien oppimistilanteiden kohtaamiseen ja uuden tiedon oppimiseen. Oppimismotivaatio itsessään on jokaiselle yksilölle ainutlaatuinen ja muodostuu useasta psykologisesta komponentista, joita luonnehtivat sekä yksilön kognition että persoonallisuuden ainutlaatuiset piirteet. Oppimismotivaatio on kuitenkin voimakkaan dynaaminen, eikä alkuunkaan yhtä pysyvä ominaisuus kuin esimerkiksi persoonallisuuden ominaisuudet. Ihmisten sosiaalinen ympäristö ohjaa nimittäin voimakkaasti heidän oppimismotivaatioonsa vaikuttavia kognitiivisia ja emotionaalisia prosesseja. Oppimismotivaatio on myös osittain kokemusperäinen, sillä

kokemuksemme elämämme aiemmista tapahtumista ohjaavat voimakkaasti uusiin tilanteisiin suhtautumistamme ja luovat näin pohjan lähtökohtaiselle oppimismotivaatiollemme kyseisissä tilanteissa.

5.1 Motivaation luonne

Nurmi (2013) tunnistaa motivaatiolla kaksi luonnetta. Motivaatio voi hänen mukaansa kummuta joko ulkoisista tekijöistä, jolloin puhutaan ulkoisesta motivaatiosta (engl. *controlled motivation*) tai sisäisistä tekijöistä, jolloin puhutaan sisäisestä motivaatiosta (engl. *autonomous/intrinsic motivation*). Vasalammen ym. (2018) mukaan ulkoinen motivaatio muodostuu pitkälti sosiaalisen ympäristön vaatimusten ja arvojen perusteella sekä siitä uskonnuksesta, mikä on sosiaalisesti hyväksyttävää tai palkittavaa. Näin toimimalla yksilö pyrkii parantamaan omaa kelpoisuuttaan yhteisönsä sisällä, minkä hän uskoo auttavan myöhemmissä elämäntilanteissa pärjäämistä. Ulkoinen motivaatio ohjaa toimintaa siis sellaisiin kohteisiin, joita yksilö ei välttämättä tavallisesti haluaisi tai suuntautuisi tekemään ilman häntä ympäröivän sosiaalisen yhteisön vaikutusta. Sisäinen motivaatio on Vasalammen ym. (2018) mukaan puolestaan henkilön omista sisäisistä arvoista ja kiinnostuksesta kumpuavaa. Yksilön aito halu oppia tai uskomus asian tärkeydestä oman kehittymisen kannalta määrittelevät sitä. Sisäinen motivaatio ohjaa yksilön toimintaa sellaisiin kohteisiin, jotka hän itse kokee mielekkäiksi ja arvokkaiksi. Pedersenin (2003) mukaan opetusmenetelmistä erityisesti ongelmaperustaisen oppimisen on yhdistetty vaikuttavan positiivisesti oppilaiden sisäisen motivaation kasvuun.

Vasalammen ym. (2018) mukaan sisäinen motivaatio on liitoksissa erityisesti tavoitteisiin ja niihin pyrkimiseen. Harlen ja Deakin Crick (2003) kertovat, että henkilön on helpompi muodostaa itsenäisiä tavoitteita ja edetä niissä, kun hän tietää ja tuntee aiheen olevan hänelle merkityksellinen, ja voi kokea sen henkilökohtaisesti tärkeäksi oppia. Kuten jo todettiin, tällaiset kokemukset kumpuavat aina sisäisestä motivaatiosta. Vasalampi ym. (2018) toteavatkin, että mitä motivoituneempi henkilö on sisäisesti, sitä todennäköisempää on, että tavoitteelliseen toimintaan panostetaan, ja tavoitteiden saavuttamisessa onnistutaan. Ulkoinen motivaatio voi vuorostaan olla tavoitteellisen toiminnan kannalta jopa ongelmallista. Ihmiset eivät nimittäin tavallisesti ole yhtä sitoutuneita ulkoiseen motivaatioon perustuvaan tavoitteeseen, sillä heidän omat arvonsa eivät tällöin välttämättä kohtaa tavoitteen kanssa, ja tavoitteen saavuttaminen jää usein kesken. Oppimismotivaatiota tarkasteltaessa Quinn (2006) näkee, ettei esimerkiksi syväoppiminen ole mahdollista, ellei oppijan sisäinen oppimismotivaatio kohtaa opittavan asian kanssa.

Koulumaailmassa tavoitteellista toimintaa on pyritty jatkuvasti korostamaan uusien opetussuunnitelmien perusteiden ja opetusmenetelmien vaikutuksesta. Tavoitesuuntautunut oppiminen itseasiassa nähdään tänä päivänä yhtenä tärkeistä oppilaille opetettavista taidoista (Opetushallitus 2014; Opetushallitus 2019). Nurmi (2013) kertookin, että sisäisestä motivaatiosta kumpuava kovempi ponnistelu tavoitteiden saavuttamiseksi tekee siitä erityisesti koulumaailmassa ulkoista motivaatiota tehokkaamman välineen oppimiselle. Vasalampi ym. (2018) lisäävät, että mitä raskaampaa työtä tavoitteen saavuttaminen vaatii sitä suuremmaksi kuilu ulkoisen ja sisäisen motivaation välillä käy. Ulkoinen motivaatio voi kyllä riittää pienempien ja helpompien tavoitteiden saavuttamiseen, mutta panostus vaativaan tehtävään vaatii omistautumista ja syvää sisäistä kiinnostusta aihetta kohtaan.

Motivaation luonteen yhteyttä akateemisiin ongelmiin on myös tutkittu. Ensinnäkin heikko motivaatio koulutyöskentelyä ja oppimista kohtaan johtavat Quinnin (2006) mukaan monenlaisiin opiskeluun liittyviin vaikeuksiin. Koulutyöhön panostamisen puute, poissaolot oppitunneilta, häiriköinti, asenneongelmat ja koulupudokkuus ovat kaikki seurauksia heikosta oppimismotivaatiosta. Koulupudokkuus on erityisen vakava ongelma, joka ei ole kellekään eduksi. Koulupudokkaan itsensä lisäksi myös hänen ympäröivä yhteiskuntansa kärsii siitä ilmiön yleistyessä ja pitkittyessä. Yllättäen näitä samoja akateemisia ongelmia – mukaan lukien koulupudokkuutta – esiintyy kuitenkin myös motivoituneemmilla oppilailla. Vasalammen ym. (2018) mukaan motivaation laadulla onkin näiden ongelmien esiintymisessä suurempi rooli kuin itse motivaation määrällä. Koulutyöskentelyn yhteydessä juuri sisäisen motivaation on tunnistettu toimivan näiltä ongelmilta suojaavana tekijänä. Koulupudokkaita tarkasteltaessa on lisäksi havaittu, että heidän motivaationsa koulutyöskentelyä kohtaan on joko heikkoa tai sen luonne perustuu pitkälti ulkoiseen motivaatioon.

5.2 Kokemusperäisyys motivaatiossa

Motivaation perustana ja sen muodostumisessa ensimmäiseksi vaikuttava tekijä on Sulisworon ja Suryanin (2014) mukaan uskomus mahdollisuuksistamme selviytyä eteemme tulevasta tilanteesta tai tehtävästä. Uskomuksemme perustuu persoonallisuutemme ominaisuuksiin minäpystyvyydestä ja itsetunnosta. Yhteydessä aikeisempiin kokemuksiimme nämä kaksi persoonallisuutemme ominaisuutta ohjaavat tiedostettujen sekä tiedostamattomien ennakkoluulojen ja -odotuksien muodostumista kohtaamistamme tilanteista. Nämä niin sanotut ennakoinnit ohjaavat oppimismotivaatiotamme välittömästi ja jo ennen oppimistilannetta.

Ennakoinnit siis muodostuvat kokemusperäisesti ja persoonallisuutemme piirteiden ohjaamina, mutta samalla ne ovat Haslamin (2007) mukaan myös dynaamisia ja voivat jatkossa muuttua,

jälleen kokemusperäisesti. Tämän vuoksi kaikissa elämän vaiheissa koetut tapahtumat vaikuttavat merkittävästi tilanteiden ennakointiin läpi elämämme. Uuden tilanteen yhteydessä ihmiselle muodostuu aina uusi kokemus omasta kyvystä suoriutua vastaavista tilanteista, minkä hän sulauttaa osaksi aikaisempaa ymmärrystään eli minäkäsitystään. Aiheeseen liittyvä minäkäsitys voi sitten joko vahvistua tai muuttua, riippuen siitä, miten uusi kokemus tulkitaan.

Haslam (2007) kertoo, että tilanteiden tulkinnan perustuessa persoonallisuutemme ainutlaatuisiin piirteisiin, ei ole ihme, että eri ihmisten tulkinnat samasta tilanteesta voivat olla hyvinkin erilaisia. Näiden tulkintojen perusteella muodostuvat kokemuksetkin ovat tällöin erilaisia, ja siten myös ennakointi vastaaviin tilanteisiin jatkossa. Näitä ihmisten persoonallisuuksiin perustuvien tilanteiden tulkintojen tai paremminkin syy päätelmien eroja on tutkittu paljon. Merkittävin niitä selittävä teoria lienee alun perin Heiderin (1983) kehittämä syy päätelmä- eli attribuutioteoria.

Heiderin (1983) mukaan ihmisillä on tarve löytää syytä sille, miksi jotakin tapahtui ja yhdistää eli attribuoida näitä syytä johonkin ulkoiseen kohteeseen. Toisin sanottuna ihmisille on luontaista etsiä syytä ja syyllisiä kokemilleen tapahtumille. Heiderin (1983) mukaan ihmiset toimivat näin erityisesti silloin, kun tapahtumat ovat yhteydessä heidän omaan toimintaansa ja siinä onnistumiseen tai epäonnistumiseen. Heiderin (1983) alun perin vuonna 1958 kehittämän, ja sittemmin useaan otteeseen jatkokehitetyn, attribuutioteorian mukaan selityksiä antamalla ja syy-seuraussuhteita luomalla pyrimme ymmärtämään tapahtumien merkityksiä. Tiedon saaminen näistä konsepteista lisää meidän kokemustamme oman elämämme hallinnasta. Elämän hallinnan kokemus ylläpitää kognitiivisia perustoimintojamme ja tukee psyykkistä terveyttämme. Toisaalta syy-seuraussuhteiden ja selitysten tunnistaminen itseemme liittyvissä tilanteissa antaa meille samalla tietoa omasta minuudestamme, auttaen meitä tutkimaan ja oivaltamaan, kuka ja millainen oma minuutemme on.

Haslam (2007) kertoo attribuoinnilla olevan kolme ulottuvuutta: 1) missä koemme vaikutusten alkuperän eli lokuksen sijaitseva eli kuka tai mikä on syyllinen tapahtumaan (lokus); 2) miten vakaiksi koemme vaikutukset eli miten pysyviä tapahtuman seuraukset ovat (vakaus); ja 3) miten laajoiksi koemme vaikutukset eli miten suuri merkitys tapahtuman seurauksilla on (laajuus). Heider (1983) ei näe näitä attribuoinnin ulottuvuuksia jatkumoina – kuten persoonallisuuspsykologiassa yleensä – vaan sen sijaan mustavalkoisina ominaisuuksina. Jokaisen ulottuvuuden ominaisuus on siis jompikumpi kahdesta ääripäästä, ei mitään niiden väliltä. Vaikutusten synnyn alkuperä voidaan kokea siis joko sisäiseksi eli itsestä kumpuavaksi tai ulkoiseksi eli ympäristötekijöistä kumpuavaksi. Vaikutusten vakaus voidaan kokea joko pysyväksi tai ohimeneväksi. Vaikutusten laajuus voidaan kokea joko kaiken kattavaksi tai

vähäpätöiseksi. Tällä tavalla nämä kolme attribuoinnin ulottuvuutta ja niiden sisäiset vaihtelut muodostavat kahdeksan erilaista attribuutiotyylä. Attribuutiotyylejä ei ole erikseen nimetty, mutta ne voidaan silti luokitella ulottuvuuksiensa perusteella, kuten taulukossa 2, ja erotella esimerkiksi numeroinnin avulla.

Taulukko 2. Attribuutiotyylit luokiteltuina attribuoinnin ulottuvuuksien (lokus, vakaus, laajuus) perusteella.

Attribuoinnin ulottuvuudet	Kaiken kattava		Vähäpätöinen	
	Pysyvä	Ohimenevä	Pysyvä	Ohimenevä
Sisäinen	1	2	3	4
Ulkoinen	5	6	7	8

Tiettyjen attribuutiotyyliden hyödyntäminen tietyissä tilanteissa on myös osa persoonallisuuttamme, minkä vuoksi ne ovat hyvin pysyviä ominaisuuksia läpi koko elämämme. Tästä syystä attribuutiotyyliden huomioiminen erilaatuisissa oppimistilanteissa näyttäytyy merkittävässä roolissa, niin koulumaailmassa kuin myöhemmässäkin elämässä. Tietyn attribuutiotyylin rutiininomaisesta hyödyntämisestä tietyn laatuissa tilanteissa voidaan käyttää nimeä attribuutiotyylistrategia tai attribuointistrategia. Optimismi ja pessimismi ovat attribuutiotyylistrategioista merkittävimmät, minkä vuoksi niitä on myös tutkittu eniten. Samalla ne ovat attribuutiotyylistrategioista ainoat, jotka on erikseen nimetty.

Kuten taulukosta 2 saatamme huomata, attribuutiotyylä 1 on luonteeltaan sellainen, joka liioittelee syyseuraussuhteen merkitystä ja kohdistaa sitä henkilöön itseensä, kun taas tyylä 8 on luonteeltaan sellainen, joka vähättelee syyseuraussuhteen merkitystä ja kohdistaa sitä ulospäin itsestä. Tyylä 1 voidaankin nähdä attribuutiotyyliden toisena ääripäänä ja tyylä 8 toisena, niin että muut attribuutiotyylit jäävät vaikutuksiltaan jonnekin niiden välille. Optimistista attribuutiotyylistrategiaa hyödyntävälle henkilölle on tyypillistä kokea onnistumiset itsestä kumpuavina, pysyvinä ja kaikenkattavina (tyylä 1), mutta epäonnistumiset ympäristötekijöistä kumpuavina, ohimenevinä ja vähäpätöisinä (tyylä 8). Pessimistiselle henkilölle attribuointi on päin vastaista ja hänelle on tyypillistä kokea onnistumiset ympäristötekijöistä kumpuavina, hetkellisinä ja vähäpätöisinä (tyylä 8), mutta epäonnistumiset itsestä kumpuavina, pysyvinä ja kaiken kattavina (tyylä 1). Optimistiselle attribuutiotyylistrategialle tavanomainen oman roolin väheksyminen epäonnistumistilanteissa vähentää henkilön kokeman syyllisyyden tunteen voimakkuutta ja kuluttaa vähemmän kognitiivisia voimavaroja negatiivisesta tilanteesta selviämisessä. Sourin ja Hasaniradin (2011) mukaan optimismi näin itse asiassa parantaa

henkilön resilienssiä eli puskurointikykyä elämän haasteiden ja vaikeuksien aiheuttamia psykologisia konflikteja ja ahdistusta vastaan sekä niistä nopeampaa palautumista. Pessimistiselle henkilölle tilanne on jälleen päinvastainen. Oman roolin liioittelu epäonnistumistilanteissa kuluttaa henkilöä ja heikentää minäkuvaa sekä uskomusta omasta arvosta, altistaen psykologisille häiriöille, kuten masennukselle. Koulumaailmassa pessimistille ominainen oman roolin vähättely onnistumistilanteissa on sitäkin haitallisempaa. Pitkällä aikavälillä se johtaa Nurmen (2013) mukaan opitun avuttomuuden kehittymiseen ja sen sisäistämiseen osaksi omaa persoonallisuutta. Tämä on oppimismotivaation ja ylipäänsä oppimisen kannalta yksi kaikista haitallisimmista persoonallisuuden piirteistä. Opittua avuttomuutta ilmentävä henkilö ei koe, että heidän toiminnallaan olisi mitään vaikutusta heidän saavutuksiensa kannalta (Nurmi, 2013). Hän ei tällöin panosta tai ponnistele opiskeluunsa liittyvien saavutusten eteen. Pessimismin yhteydestä akateemisiin vaikeuksiin onkin löydetty paljon näyttöä esimerkiksi luonnontieteissä (El-Anzi, 2005), mutta myös oppilaiden itsetunnon heikkouden ja koulumaailmassa koetun ahdistuksen määrän suhteen (Yates, 2002).

Pessimismistä kumpuavaa opittua avuttomuutta on tutkittu paljon ja Nurmen (2013) mukaan se johtaa käytännön ryhmäoppimistilanteissa – kuten koululuokassa – niin sanottuun itseä vahingoittavaan käyttäytymiseen. Henkilön opitusta avuttomuudesta peräisin olevat ennakkoletukset saavat hänet uskomaan, ettei hän tule onnistumaan asian oppimisessa, mikä saa hänet luovuttamaan ennen yrittämistä. Yrittämisen sijaan oppija kohdistaa kognitiiviset resurssinsa johonkin muuhun kohteeseen tai tavoitteeseen kuin itse oppimiseen. Nämä resurssit käytetään hyvin usein sosiaalisesti hyväksyttävien tekosyiden etsimiseen ja luomiseen, joilla ennakoitua epäonnistumista voidaan jälkeen päin perustella, ja joilla oman syyllisyyden kokemusta pyritään vähentämään. Henkilö saattaa esimerkiksi perustella toimintansa epäonnistumista sillä, ettei hän keskittynyt itse oppimiseen, vaan teki jotakin muuta tai hänen tarkkaavaisuutensa kohdistui toisaalle, kuten esimerkiksi vertaisen auttamiseen. Se mikä tekee tästä opitun avuttomuuden strategiasta itseä vahingoittavaa, on nimenomaan se, että henkilön kohdistaessaan kognitiivisia resurssejaan toisaalle, hän samalla tekee oppimisestaan huomattavasti haastavampaa. Ironisesti henkilön ennakointi oman oppimisensa epäonnistumisesta hyvin usein myös siis toteuttaa itsensä. Sijaistoiminnan ollessa lisäksi häiritsevää, se voi myös vaikeuttaa henkilöä ympäröivien vertaisten oppimista.

5.3 Emotionaaliset tilat motivaatiossa

Emotionaaliset tunnekokemukset voidaan Pekrunin (2009) mukaan jakaa kahteen toisistaan riippumattomaan ulottuvuuteen: valenssiuteen, joka jakaa tunnekokemukset positiivisiin ja negatiivisiin; sekä aktivaatioon, joka jakaa tunnekokemukset aktivoiviin ja deaktivoiviin.

Positiivisilla tunnekokemuksilla tarkoitetaan sellaisia emotionaalisia tiloja, joita voi luonnehtia yksilölle miellyttävinä, kuten onnellisuus, minkä vuoksi niitä pyritään ylläpitämään. Negatiivisilla tunnekokemuksilla vuorostaan tarkoitetaan epämiellyttäviä emotionaalisia tiloja, kuten pettymystä, minkä vuoksi niitä vuorostaan pyritään välttämään. Aktivoivat tunnekokemukset puolestaan kohdistavat käyttäytymistämme tiettyyn kohteeseen, kun taas deaktivoivat ohjaavat käyttäytymistämme pois tästä kohteesta.

Näiden kahden ulottuvuuden – valenssiuden ja aktivaation – avulla kaikki tunnekokemukset voidaan Pekrunin (2009) mukaan jakaa neljään kategoriaan: positiivisiin aktivoiviin, negatiivisiin aktivoiviin, positiivisiin deaktivoiviin ja negatiivisiin deaktivoiviin. Oppimistilanteeseen yhdistettynä näiden eri kategorioiden tunnekokemuksilla on erilainen vaikutus oppimismotivaation ja kognitiivisten prosessien – kuten tarkkaavaisuuden – säätelyssä. Tyypillisesti positiivisuutta luonnehtivat tunnereaktiot nähdään oppimismotivaatiota ja keskittymistä edistävinä tekijöinä, kun taas negatiivisuutta luonnehtivat tunnereaktiot nähdään niitä heikentävinä tekijöinä. Aivan näin yksinkertaisia erilaatuisten tunnekokemusten vaikutukset eivät kuitenkaan ole, vaan niiden yhteydessä tulee Pekrunin (2009) mukaan huomioida myös tunnereaktioiden kohde ja sen merkitys oppimiselle. Positiiviset tunnekokemukset ovat kyllä etu, kun ne kohdistuvat oppimiseen ja edistävät sitä, kasvattaen sisäistä motivaatiota ja aikaansaaden jopa täydellisen uppoutumisen ja keskittymisen virtaus- eli flow-tilan kokemuksia. Oppimistilanteen yhteydessä positiiviset tunnekokemukset voivat kuitenkin kohdistua myös toisaalle ja oppimistehtävän kannalta epäedullisiin kohteisiin, kuten vaikkapa hyvän ystävän kanssa keskusteluun yhteisistä asioista, jolloin itse oppiminen voi häiriintyä tai keskeytyä. Tällöin on kyse positiivisesta deaktivoivasta tunnekokemuksesta, joka on yksilön kannalta kyllä miellyttävä, mutta samalla suuntaa toimintaa pois alkuperäisestä kohteesta. Samoin siinä missä oppimistilanteen yhteydessä koetut positiiviset tunnekokemukset voivat olla oppimisen kannalta häiritseviä, negatiiviset tunnekokemukset voivat olla sitä edistäviä. Erityisesti ahdistuksen kokeminen sekä pelko oppimistehtävässä epäonnistumisesta ja sen vaikutuksesta kumpuavat häpeän kokemukset voivat usein kasvattaa ulkoista oppimismotivaatiota. Tällöin on kyse negatiivisesta aktivoivasta tunnekokemuksesta, joka on yksilön kannalta epämiellyttävä, ohjaten hänen toimintaansa välttämään epäonnistumisia, mutta joka samalla epäsuorasti parantaa oppimistehtävään keskittymistä ja siinä suoriutumista.

Pekrunin (2009) mukaan vain positiiviset aktivoivat tunnekokemukset, kuten kiinnostus, ovat oppimisen kannalta yksiselitteisesti edullisia ja kasvattavat sisäistä motivaatiota. Negatiiviset deaktivoivat tunnekokemukset, kuten kyllästyminen, ovat puolestaan aina oppimisen ja oppimismotivaation kannalta haitallisia. Pekrun (2009) lisää, että positiivisten aktivoivien

tunnekokemusten kautta oppilaiden luovuus, joustavuus, syvän oppimisen taidot ja kriittinen ajattelu kehittyvät tehokkaasti. Nämä selittynevät sillä, etteivät stressi ja ahdistus ole yhtä merkittävä osa heidän koulutyöskentelyään kuin oppilailla, joiden opiskelu perustuu epäonnistumisten välttämiseen ja ulkoisen motivaation kautta toisten miellyttämiseen. Sisäisen motivaationsa vuoksi nämä oppilaat sen sijaan nauttivat opiskelustaan, jolloin heillä esiintyy heidän kognitiivisia resurssejaan haastavia ja ahdistavia tunnekokemuksia paljon vähemmän ja heille jää enemmän kapasiteettiä keskittyä kehittämään oppimaan oppimisen taitojansa. Negatiiviset deaktivoivat tunnekokemukset aiheuttavat oppilaille epämiellyttävän olotilan, josta he pyrkivät pois. Tunnekokemuksen ollessa lisäksi deaktivoiva, olotilasta pois pyrkiminen tapahtuu jotenkin muuten kuin yrityksellä ratkaista oppimistehtävä, jolloin toiminta kohdistuu toisaalle ja on kaiken lisäksi usein häiriköivää. Tällaiset tunnekokemukset ovat oppimistilanteissa kaikista haitallisimpia, niin itse oppilaan kuin häntä ympäröivien vertaistenkin keskittymisen, oppimismotivaation ja oppimistulostenkin kannalta.

Emotionaaliset tilat vaikuttavat oppimismotivaatioon läpi koko oppimisprosessin, eivät vain aluksi, kuten ennakoinnit. Pekrun (2009) kertoo, että oppimistilanteen eri vaiheissa koetaan erilaatuisia tunnekokemuksia. Näitä ovat oppimistilannetta edeltävät ennakoivat tunteet, kuten toivo tai ahdistus; oppimistilanteen aikaiset suoriutumistunteet, kuten nautinto tai turhautuminen; ja oppimistilanteen jälkeiset arvioivat tunteet, kuten ylpeys tai häpeä.

Yhdessä valenssius, aktivaatio ja akateeminen asiayhteys muodostavat kolmiulotteisen taksonomian oppimiseen liittyvien tunnekokemusten luokittelulle. Näiden ulottuvuuksien mukainen oppimisen erilaisia tunnekokemuksia lajitteleva esimerkkitaulukko (taulukko 3) löytyy alta.

Taulukko 3. Oppimistilanteeseen liittyvät tunnekokemukset luokiteltuina valenssiuden (positiivinen – negatiivinen), aktivaation (aktivoiva – deaktivoiva) ja oppimistilanteen mukaan. (Pekrun, 2009)

Oppimistilanteisiin liittyvien tunteiden ulottuvuudet	Positiivinen		Negatiivinen	
	Aktivoiva	Deaktivoiva	Aktivoiva	Deaktivoiva
Ennakoivat tunteet	Toivo/ kiinnostus	Helpotus	Ahdistus/jännitys	Toivottomuus
Suoritustunteet	Nautinto	Rentoutuminen	Turhautuminen	Tylsistyminen
Arvioivat tunteet	Ylpeys	Tyytyväisyys	Häpeä	Pettymys/surullisuus

Siinä missä ihmisten attribuointi on subjektiivista, niin ovat myös heidän tunnekokemuksensa. Tunnekokemukset ovat lähes aina sidoksissa ympäristön sosiaalisiin vuorovaikutuksiin ja

syntyvät jokaisella yksilöllä niiden kokemisen ja niissä pärjäämisen perusteella. Yksilöiden väliset erot tunnekokemuksissa vuorostaan selittyvät sillä, miten arvioimme omaa pärjäämistämme vuorovaikutustilanteissa. Jotkut voivat esimerkiksi kokea vähäisen sosiaalisen osallistumisen riittäväksi omalla kohdallaan, kun taas toiset voivat pettyä siihen, etteivät osallistunut enempää samaisessa tilanteessa. Nämä arviointien erot perustuvat Pekrunin (2009) mukaan ensinnäkin meidän perimämme genotyyppiin, mutta toisaalta myös persoonallisuutemme komponentteihin – erityisesti temperamenttiin. Yksilölliset eroavuutemme samojen tilanteiden arvioinnista saavat siis ainutlaatuisen attribuoinnin lisäksi aikaan myös ainutlaatuiset tunnekokemukset.

Attribuointi ja tunnekokemukset eivät kuitenkaan ole sama asia tai korreloi täysin keskenään. Siinä missä attribuointi ja siihen johtava arviointi kohdistuvat uskomuksiimme syyseuraussuhteiden lokuksesta, vaikutusten laajuudesta ja vaikutusten vakavuudesta, tunnekokemukset ja vuorovaikutustilanteiden arviointi kohdistuvat Pekrunin (2009) mukaan uskomuksiimme omasta hallintakyvystämme tilanteen ja tilanteen seurauksien kannalta sekä tilanteen arvokkuudesta itsellemme. Tunnekokemukset eroavat attribuoinnista myös muilla tavoilla. Attribuointityylit nähdään osana persoonallisuuttamme, joka on tunnetusti hyvin hidas muuttumaan ja joissakin suhteissa täysin pysyvä. Emotionaalisiin tiloihin on puolestaan huomattavasti helpompi vaikuttaa omalla tietoisella kognitiivisella toiminnalla. Kyky tunnistaa, vaikuttaa ja hallita tunnekokemuksia on nimeltään emotionaalinen älykkyys. Toisin kuin yleinen älykkyys, se on Metsäpellon ja Feldt'n (2009) mukaan opeteltavissa oleva taito, jonka avulla voimakkaisiin, häiritseviin tai ei haluttuihin emotionaalisiin vasteisiin voidaan vaikuttaa elämän tilanteiden yhteydessä jopa välittömästi. Emotionaalisesti älykäs henkilö kykenee tunnistamaan ja nimeämään kullakin hetkellä kokemiaan emotionaalisia tiloja ja sen perusteella vaikuttamaan näiden emotionaalisten tilojen perusteella syntyviin vasteisiinsa, kuten omaan käyttäytymiseen. Tällainen henkilö ei ole ns. tunteidensa vietävänä, vaan saattaa voimakkaiden tunteidenkin alaisena kyetä muodostamaan perusteltuja päätöksiä. Tilanteen ollessa liian emotionaalinen, tällainen henkilö osaa myös hillitä toimintaansa ja esimerkiksi poistua tilanteesta rauhoittumaan, räyhäämisen sijaan. Attribuutiotyyliä lisäksi vaikuttavat Nurmen (2009) mukaan oppimismotivaatioon vain oppimistilanteen alussa (aikaisemmat kokemukset) ja oppimistilanteen lopuksi (tilannetekijöiden attribuointi). Tunnekokemukset puolestaan vaikuttavat oppimismotivaatioon ja ohjaavat sitä Pekrunin (2009) mukaan läpi oppimistilanteen, eivät vain aluksi ja lopuksi.

Oppimiseen liittyvistä emotionaalisista tiloista oppilaiden sisäistä oppimismotivaatiota tukevat parhaiten siis positiiviset aktivoivat tunnekokemukset. Pekrunin (2009) mukaan opettajan

tulisikin oman toimintansa vaikutuksesta pyrkiä mahdollistamaan ja edistämään tällaisia tunnekokemuksia ohjaamansa oppilasryhmän keskuudessa. Opettajan tavoitteena tulisi olla sellaisen ympäristön luominen muodostamilleen ryhmille, minkä ilmapiiri ennen oppimistilannetta herättää oppilaissa toivon ja kiinnostuksen tunteita, oppimistilanteen aikana nautinnon saamista oppimisesta ja oppimistilanteen päätteeksi mahdollisuuksia olla ylpeä omasta työskentelystä ja sen tuloksista. Opettajan on mahdollista vaikuttaa ilmapiiriin ja näiden tunnekokemusten saavuttamiseen Pekrunin (2009) mukaan ensinnäkin omalla persoonallisuudella ja innostuksellaan sekä positiivisella asenteella aihetta kohtaan, mutta toisaalta myös valikoimalla ja hyödyntämällä erilaisia oppimistilanteessa käytettäviä opetusmenetelmiä.

Perinteiset opetusmenetelmät – kuten luennointi – voivat toimia monen oppilaan kannalta hyvin, mutta niiden opettajaan kohdistunut keskiö aiheuttaa ongelmia toisille. Pitkä luennointi voi nimittäin herättää tylsistymisen tunteita esimerkiksi oppilaissa, jotka haluavat oppia tekemällä asioita itse tai turhautumista oppilaissa, jotka eivät pysy mukana opettajan tahdissa. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä vuorostaan antaa oppilaille vapaat kädet hyödyntää heille itselleen mieluisia oppimistyyliä ja edetä itselle sopivassa tahdissa. Erilaisia oppilaita ei tällöin velvoiteta toimimaan samalla tavalla, vaan jokaisella on mahdollista saavuttaa samat oppimistavoitteet hyödyntämällä eri menetelmiä. Itselle parhaan oppimistyylin käyttämisen yhteydessä onkin Strobelin ja Van Barneveldin (2009) mukaan todennäköisempää, että oppilas kokee positiivisempia ja aktivoivampia tunnekokemuksia kuin ennalta määrättyä tyyliä noudattaessaan.

Itse ongelman laatiminen on ongelmaperustaisessa opetusmenetelmässä yhtä tärkeässä roolissa kuin sen oppilaslähtöinen periaatekin. Pekrunin (2009) mukaan oppimistehtävän vaativuus ja mielenkiintoisuus vaikuttavatkin osaltaan oleellisesti oppilaille muodostuvan tunnekokemusten luonteeseen. Liian vaikea tehtävä voi johtaa toivottomuuden kokemuksiin, kun taas liian helppo voi johtaa tylsistymiseen. Huolimattomasti tai huonosti valmisteltu tehtävä voidaan kokea jälleen tylsänä ja opettajan vähäinen panostus havaitaan helposti, jolloin mielenkiinto aihetta kohtaan heikkenee. Hyvin muodostettu ja sopivan haastavaksi rakennettu ongelma puolestaan johtaa parhaimmillaan kiinnostukseen ja tehtävästä nauttimiseen. Tehtävästä hyvin suoriutuminen tuottaa lisäksi onnistumisen kokemuksia, jotka Pekrunin (2009) mukaan lisäävät positiivisten tunnekokemusten, kuten ylpeyden ja tyytyväisyyden määrää oppimisen yhteydessä. Toistuva epäonnistuminen puolestaan lisää negatiivisia tunnekokemuksia, kuten häpeää ja pettymystä. Pekrun (2009) muistuttaa kuitenkin, ettei negatiivisia tunnekokemuksia voida täysin välttää, vaan jokainen kokee niitä silloin tällöin, mutta ne voivat edelleen tehostaa

oppimista, jos ne voidaan kanavoida aktivoivasti, esimerkiksi jännityksen tai ahdistuksen muodossa.

5.4 Sosiaalisen ympäristön vaikutus motivaatioon

Oppimismotivaation vaikutus oppimistuloksiin ja niiden laatuun on merkittävä ja perustuu siihen, että motivoitunut yksilö pystyy kohdistamaan kognitiivisia resurssejaan tehtävän ratkaisun kannalta tehokkaammin. Tämä näkyy Nurmen (2013) mukaan erityisesti yksilön parantuneessa kyvyssä kohdistaa ja ylläpitää tarkkaavaisuutta halutussa kohteessa eli keskittyä. Keskittymisen rooli oppimiselle on koulumaailmassa hyvin olennainen. Nurmen (2013) mukaan se, miten paljon oppilas ponnistelee ja keskittyy oppimistehtävän ratkaisemiseen, hyvin pitkälti määrittelee, miten tehtävä tulee sujumaan ja miten hyvin oppilas oppii. Yleisesti oppimistehtävään keskittymisen nähdään johtavan siinä onnistumiseen ja sen välttämisen siinä epäonnistumiseen. Keskittymistä voidaan helpottaa tai tehostaa vaikuttamalla oppimistilanteessa vallitseviin ympäristötekijöihin. Tässä suhteessa opettajan ja hänen käyttämiensä opetusmenetelmien roolit ovat olennaisia. Nurmen (2013) mukaan sekä oppimismotivaatio että keskittyminen todennäköisesti kasvavat aihetta kohtaan, jos opettaja osaa muokata oppimistehtävistään sellaisia, että oppija voi kokea ne henkilökohtaisesti merkityksellisinä, tarpeellisina sekä ymmärrettävinä.

Hyvin järjestetty ryhmätyöskentely, jota luonnehtii yhteistyö, on Nurmen (2013) mukaan tutkitusti oppimismotivaatiota tehokkaasti parantava opetusmenetelmä. Sulisworon ja Suryanin (2014) mukaan tällöin puhutaan yhteisöllisestä oppimisesta (engl. *cooperative learning*). He kertovat, että pelkkä ryhmiin jakaminen ja tehtävän antaminen ei riitä, vaan yhteisöllisestä oppimisesta on kyse vasta, kun ryhmän asenne oppimista kohtaan on myönteinen ja ryhmän jäsenten keskinäiset vuorovaikutukset ovat toisiaan tukevia. Quinnin (2006) mukaan yhteisöllisen oppimisen sisäistä oppimismotivaatiota parantava vaikutus on vahvasti sidoksissa oppilaslähtöisyyden hyödyntämiseen. Opettajan tulisi antaa oppilaille mahdollisimman vapaat kädet ja tukea heidän itsenäistä työskentelyään, jotta oppilasryhmät voivat löytää kiinnostuksensa aiheeseen itse. Quinnin (2006) mukaan onnistunut yhteisöllinen työskentely kasvattaa suoraan ryhmän jäsenten sisäistä oppimismotivaatiota, oppitunneille osallistumista ja oppimissaavutuksia. Yhteisöllinen oppiminen jakaa monia arvoja ja ominaisuuksia ongelma-perustaisen opetusmenetelmän kanssa. Itse asiassa yhteisöllinen oppiminen voidaankin nähdä osana ongelma-perustaisen opetusmenetelmän suurempaa kokonaisuutta, sillä laadukkaassa ongelma-perustaisessa toiminnassa yhteisöllisen opetusmenetelmän periaatteita hyödynnetään jatkuvasti.

Kiurun (2018) mukaan yhteisöllisen oppimisen yhtenä etuna on se, että toisiaan tukeessa ryhmän jäsenet voivat luottaa siihen, että kaikki osallistuvat ja tuovat oman panoksensa osaksi heidän yhteistä suoritustaan. Ryhmän jäsenille muodostuu tällöin kokemus tasapuolisesta vastuun jakamisesta, jolloin ryhmän jäsenenä toimivien oppilaiden ei tarvitse kokea suurta painetta oppimistehtävässä onnistumisestaan, sillä he eivät ole siitä yksin vastuussa. Näin ryhmäläisten työskentelyyn liittyvän ahdistuksen ja stressin määrä laskee, ja ryhmän jäsenet voivat paremmin keskittyä tehtävässä etenemiseen ja itse oppimiseen.

Yhteisöllisen ja tukevan ryhmän arvoihin sisäistyy Sulisworon ja Suryanin (2014) mukaan usein myös avaramielisyys ja avoimuus. Eri kykyiset ja taustaiset jäsenet hyväksytään osaksi ryhmää tuomitsematta tai syrjimättä. Tällaiseen ryhmään kuuluminen ja siinä toimiminen voi olla tärkeää monille oppilaille, mutta erityisesti sellaisille, jotka eivät muutoin omaa monia ystäviä tai ovat hyljeksittyjä. Heillä on Kiurun (2018) mukaan muita oppilaita vähemmän mahdollisuuksia kokea positiivisia oppimiskokemuksia yhdessä toisten kanssa ja ylipäänsä vähemmän mahdollisuuksia kokea yhteenkuuluvuutta toisiin oppilaisiin tai oppilasryhmiin. Hyljeksittyjen oppilaiden valmistuminen koulusta kestää Vasalammen ym. (2018) mukaan muita kauemmin ja heillä on samalla suurempi riski keskeyttää koulunkäynti kokonaan. Yhteisöllisen oppimisen kautta myös hyljeksityillä oppilailla on paremmat mahdollisuudet saada myönteisiä kokemuksia ja tukea vertaisilta. Vertaisten osoittama sosiaalinen tuki tällaisessa asemassa olevia oppilaita kohtaan on monin tavoin tärkeää. Vasalammen ym. (2018) mukaan sen on tutkittu ensisijaisesti parantavan oppilaiden kouluhyvinvointia, kasvattaen sisäistä motivaatiota, niin koulutyötä kuin oppimistakin kohtaan. Kasvavan sisäisen motivaation johdosta hyljeksittyjen oppilaiden koulupudokkuuden todennäköisyyden on huomattu pienenevän merkittävästi. Yhteisöllisen oppimisen mahdollistaman vertaistuen kasvu voikin olla hyljeksittyjen oppilaiden oppimismotivaation ja hyvinvoinnin kannalta jopa kriittinen tekijä.

Kiurun (2018) mukaan koulumaailmassa oppilaiden oppimismotivaatio on aina vahvasti sidoksissa itse oppiaineisiin. Oppimismotivaation määrä riippuu paljolti oppilaan kyvykkyydestä oppiaineen sisällä, mutta myös hänen kiinnostuksestaan ja arvostuksestaan oppiainetta kohtaan. Kaiken kaikkiaan yksittäisen oppilaan oppimismotivaatio voi vaihdella oppiaineiden välillä suurestikin. Yhteisöllistä oppimista hyödyntämällä voidaan Johnsonin ja Dasguptan (2005) mukaan kuitenkin vaikuttaa jonkin verran oppilaiden oppimismotivaatioon oppiaineiden sisällä. Heidän mukaansa perinteisiin opetusmenetelmiin verrattuna yhteisöllisessä oppimisessa mukana olleet oppilaat muodostavat myönteisempiä asenteita sitä oppiainetta kohtaan, jonka yhteydessä kyseistä opetusmenetelmää on käytetty.

Kiurun (2018) mukaan ihmisillä on sisäsyntyinen tarve muodostaa sekä ylläpitää myönteisiä ja merkityksellisiä ihmissuhteita, mutta toisaalta ryhmissä toimiessaan myös saavuttaa myönteinen sosiaalinen identiteetti ryhmän toisten jäsenten silmissä. Koulumaailman opiskelun yhteydessä näiden tarpeiden täyttyminen tuottaa oppilaille myönteisiä kokemuksia sosiaalisen kanssakäymisen lisäksi myös oppimisesta. Myönteiset kokemukset koulutyöskentelystä ja uskomukset omasta kyvystä oppia vuorostaan kasvattavat oppilaan sisäistä oppimismotivaatiota. Nurmen (2013) mukaan ryhmässä toimiessaan ihmiset kokevat tärkeäksi omaksua ryhmän sisäisiä arvoja, kiinnostuksen kohteita ja normeja, jotta Kiurun (2018) tunnistamat tarpeet saadaan täytettyä. Nämä ominaisuudet yhtenäistyvätkin ryhmän jäsenten keskuudessa sitä enemmän, mitä tärkeämmäksi ryhmä koetaan ja mitä kauemmin siinä toimitaan. Koulumaailman ryhmissä oppimismotivaatio on Nurmen (2013) mukaan yksi näistä ryhmän keskuudessa yhtenäistyvistä ominaisuuksista. Kuten aiemmin todettu, sosiaalinen ympäristö ja sen vuorovaikutukset vaikuttavat ulkoisen motivaation muovautumiseen. Kiuru (2018) kuitenkin korostaa yhteisöllisen oppimisen yhtenäistävän nimenomaan ryhmän jäsenten sisäistä motivaatiota. Ilmeisesti tässä yhteydessä sisäinen motivaatio kumpuaakin siitä, että halu kuulua osaksi ryhmää ja sen sisällä työskentely johtavat oppilaat aidosti kiinnostumaan ryhmälle merkityksellisistä asioista.

Oppilaan oppimismotivaatio kasvaa koettujen myönteisten kokemusten ansiosta, mutta myös koulutyöskentelyyn positiivisesti asennoituneen ryhmän yhtenäistävistä vaikutuksesta. Kiurun (2018) mukaan tämä yhteisöllisen oppimisen moniulotteinen vaikutus oppimismotivaatioon näyttäisi kuitenkin olevan summaansakin suurempi. Jopa ryhmän jäsenten väliset opintomenestykset ja -tavoitteet alkavat nimittäin muistuttamaan toisiaan, jos yhteisöllisen toiminnan on ollut mahdollista jatkaa tärkeäksi koetussa ryhmässä pitkään. Matakan ja Kowalsken (2015) mukaan yhteisöllisyyden oppimismotivaatiota kasvattava vaikutus perustuu minäpystyvyyden persoonallisuuspiirteen muutoksiin. Ilmeisesti myönteiset kokemukset ja ryhmän yhtenäistävät vaikutukset voivat vaikuttaa positiivisesti oppilaan minäpystyvyyssuomuksiin. Kuten aiemmin todettu, minäpystyvyys yhdessä itsetunnon kanssa luovat käsityksemme mahdollisuuksistamme pärjätä kohtaamissamme haasteissa ja siten luovat lähtökohtaisen motivaatiomme niissä toimimiselle. Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän ja yhteisöllisen toiminnan sosiaalisen pienryhmätyöskentelyn merkittävin vaikutus oppimismotivaatioon perustuukin siis loppujen lopuksi minäpystyvyyden ominaisuuden kehittymiseen ja sen kautta sisäisen motivaation kasvamiseen.

Ryhmätyöskentelyn yhteydessä opettajan rooli on tärkeä, sillä hän on vastuussa ryhmien muodostamisesta. Opettajalla onkin ryhmien muodostamisen yhteydessä ainutlaatuinen

tilaisuus vaikuttaa positiivisesti oppilaidensa oppimismotivaatioon. Kiurun (2018) mukaan ryhmätyöskentely kehittää sisäistä motivaatiota kuitenkin vain silloin, jos ryhmät on osattu muodostaa hyvin. Heikosti rakennettu ryhmä voi Kiurun (2018) mukaan itse asiassa toimia päinvastoin ja olla oppimismotivaation kannalta vahingoittavakin. Jos esimerkiksi yksikään ryhmän jäsenistä ei ole motivoitunut aihetta tai oppimista kohtaan, ruokkivat nämä ajatusmaailmat toinen toistaan, yhtenäistäten kielteisiä arvoja ja asennoitumista suhteessa koulutyöskentelyyn. Samoin sellaiset ryhmät, jotka ovat kollektiiviselta kyvykkyydeltään liian heikkoja käsittelemään oppiainetta, luultavasti kokevat aiheen liian vaikeaksi, eivätkä saavuta oppimistavoitteitaan, vaan sen sijaan kokevat kasvavaa stressiä ja ahdistusta, heikentäen oppimismotivaatiota tehtävän aikana ja myöhemmin tulevaisuudessa. Toisaalta myös ryhmät, joille oppiaine on liian helppo, luultavasti tylsistyvät, ja heidän tarkkaavaisuutensa kohdistuu toisaalle, häiriten oppimista ja heikentäen muistiedustusta.

Olisikin tärkeää, että opettaja osaisi muodostaa sellaisia ryhmiä, joiden ilmapiiri on ensinnäkin oppimista kohtaan myönteinen ja joissa sen jäsenet voivat kokea yhteenkuuluvuuden tunnetta. Yhtäältä tärkeää olisi se, että ryhmien jäsenien keskinäinen kyvykkyys on riittävä oppimistehtävässä onnistumiseksi, muttei kuitenkaan niin korkea, että tehtävä koetaan liian helpoksi. Opettajan on myös tärkeää antaa samoille ryhmille useita mahdollisuuksia toimia yhdessä pitkällä aikavälillä, eikä vaihtaa ryhmien koostumusta joka kerta. Nämä tekijät huomioon ottaessaan opettaja myötävaikuttaa positiivisesti oppilaidensa sisäisen oppimismotivaation kasvuun ja voi sitä kautta jopa parantaa heidän oppimismenestystään sekä auttaa heitä tekemään uusia tulevaisuuden suunnitelmia ja valintoja.

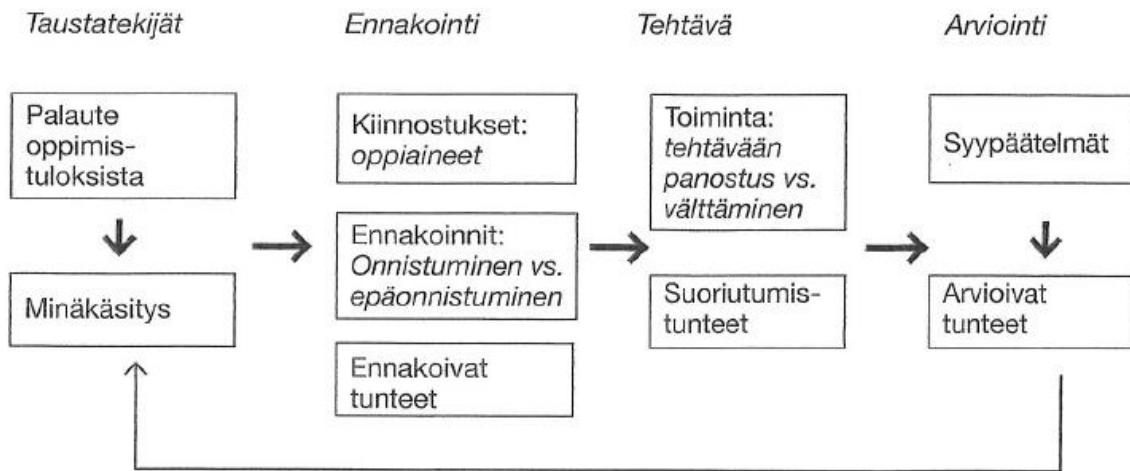
Ryhmäjako suunnitellessaan Quinn (2006) suosittelee, että opettaja muodostaa ryhmistä minimissään kolmen, mutta maksimissaan viiden oppilaan kokoisia (3–5) heterogeenisiä pienryhmiä. Tällöin ryhmissä on hänen mukaansa riittävästi erilaisia näkökulmia ja toimijoita, muttei kuitenkaan liikaa, jolloin osa heistä jää ilman tekemistä. Quinn (2006) lisää, että ryhmien tulisi koostua yhdestä aiheen sisällä kyvykkäästä oppilaasta, yhdestä heikommasta ja muut keskitason osaajista. Näin ryhmistä ei muodostu liian heikkoja tai vahvoja, mutta samalla heikommat oppilaat saavat onnistumisen kokemuksia ja pätevämmät oppilaat saavat riittävästi haasteita. Ryhmien onnistuminen on tällöin riippuvaista niiden jokaisesta jäsenestä, jolloin heidän on toimittava yhdessä, tukien toinen toistaan. Onnistuessaan jokainen ryhmän jäsen saa kokea itsensä merkitykselliseksi sekä korvaamattomaksi osaksi ryhmää. Kiurun (2018) mukaan tästä ryhmäjaosta on myös muita etuja. Hän kertoo, että vertailemalla omaa toimintaa ryhmän taitavampiin jäseniin, oppilaat voivat tunnistaa tiettyjä käyttäytymisen tai ajattelun malleja, joita sisäistämällä he voivat kehittää omia oppimis- ja ongelmanratkaisustrategioitaan

tulevaisuudessa. Kiuru (2018) kiteyttää, että ryhmätyöskentelyssä oppimismotivaatio ja itse oppiminen kehittyvät tehokkaimmin silloin, kun oppilailta on tilaisuuksia keskustella keskenään; saada positiivista vahvistusta omalle tehtävälle edistävälle toiminnalleen; hyödyntää mallioppimista; saada apua ja tukea toisilta ryhmän jäseniltä; päästä tekemään asioita vapaasti yhdessä omien ehtojen mukaan, ilman opettajan tiukkaa kontrollia.

Ihmisen sosiaalisilla ympäristötekijöillä on selkeästi merkittävä vaikutus oppimismotivaatiolle, vaikka se itsessään muotoutuukin oppijan sisäisten tekijöiden, kuten kognition, emootioiden ja persoonallisuuden piirteiden perusteella. Ilman sosiaalisen komponentin ohjaavaa vaikutusta, oppimismotivaatio olisi luultavasti hyvin kankea ja muuttumaton ominaisuus. Sosiaalisten tekijöiden vaikutukset ihmisen sisäisille prosesseille voivat toisaalta olla suuri etu, mutta epäsuotuisassa ympäristössä toisaalta myös haaste.

5.5 Oppimismotivaation prosessi

Oppimismotivaatio on monimutkainen prosessi (kuva 2). Sen lisäksi, että se on dynaaminen kokemuksesta toiseen, se on dynaaminen myös yksittäisten kokemusten aikana ja voi muuttua merkittävästi yksittäisenkin oppimistilanteen aikana. Yhteenvedettynä oppimismotivaatio on siis kokemusperäinen ja aikaisemmat kokemuksemme asettavat lähtökohdat oppimismotivaatiollemme uudessa tilanteessa. Samalla tämän uuden tilanteen piirteet kuitenkin vaikuttavat oppimismotivaatioomme tilannetta lähestyessämme. Oppimismotivaation muovautuminen ei kuitenkaan lopu tähän, vaan se jatkaa kehitystään läpi oppimisprosessin. Oppimistilanteen aikana oppimismotivaatiota ohjaa alkuperäinen tehtävään asennoituminen, mutta samalla myös tunnekokemuksemme, jotka muodostuvat jatkuvan tehtävässä etenemisen ja oman toimintamme arvioinnin perusteella. Asennoituminen ja tunnekokemuksemme määrittelevät oppimismotivaatiomme luonteen kumpuamaan joko sisä- tai ulkosyntyisesti. Itse tehtävän haastavuuden ja omien aiheeseen liittyvien kykyjemme rinnalla kaikki nämä tekijät vaikuttavat yhdessä siihen, miten hyvin onnistumme meille asetetusta tehtävästä suoriutumisessa. Tehtävän suorituksen jälkeen muodostamme persoonallisuutemme piirteiden ohjaamina uuden käsityksen kokemastamme oppimistilanteesta, arvioimalla siihen liittyviä tekijöitä. Tämä arvio – joka koostuu attribuutioista eli syy päätelmistä ja arvioivista tunnekokemuksista – ohjaa oppimismotivaatiotamme jatkossa, joko vahvistaen tai uudelleen suunnaten aikaisempaa uskomusta omasta kyvystä suoriutua vastaavissa oppimistilanteissa eli minäkäsitystä.



Kuva 2. Yhteenveto oppimismotivaatiosta. (Nurmi, 2013)

6 Spektrometria

Spektrometrian menetelmät ovat aineen rakenteen analyysimenetelmiä. Näytteiden mittaaminen niiden avulla tuottaa dataa näyteaineiden rakenteellisista ja määrällisistä ominaisuuksista, joita niistä ei ilman kyseisiä menetelmiä voitaisi saada. Spektrometriset menetelmät hyödyntävät sähkömagneettista säteilyä toiminnassaan, ja mittaavat sen avulla aineiden erilaisia ominaisuuksia. Spektrometrisia menetelmiä on useita, mutta lähes niitä kaikkia yhdistää sama toimintaperiaate. Jokaisessa niistä – paitsi massaspektrometriassa – näytettä säteilytetään sähkömagneettisella säteilyllä. Osa sähkömagneettisesta säteilystä absorboituu tavalla tai toisella näyteaineeseen, mikä voidaan mitata näytteeseen kohdistetun säteilyn näytteen läpi kulkenutta osuutta analysoimalla. (Chatwal ja Anand, 2009, s. 1.1-1.4)

Massaspektrometrian menetelmä on spektrometrinen menetelmien keskuudessa poikkeuksellinen, sillä se ei hyödynnä sähkömagneettista säteilyä tai sen absorptiota mittauksen perustana. Sen sijaan massaspektrometria perustuu magneettikenttien ja näyteaineen varautuneiden hiukkasten vuorovaikutukseen. (Kaur, 2009, s. 443-450)

6.1 Massaspektrometria

Massaspektrometria on tekniikka, jonka avulla voidaan mitata yhdisteiden moolimassoja sekä selvittää alkuaineiden eri isotooppien suhteellisia määriä, ja siten edelleen alkuaineiden suhteellisia atomimassoja. Nämä mittaukset toteutetaan massaspektrometrillä. (Tro, 2014, s. 75–76)

Massaspektrometrisessä mittauksessa näyte mitataan ensimmäiseksi massaspektrometrillä. Aluksi näyte lisätään massaspektrometrin näytekammioon, joka suljetaan ja näyte jää tyhjiöön (Gross, 2006, s. 3–4). Seuraavaksi näytettä kuumennetaan ja se höyrystyy, muuttuen kaasuksi

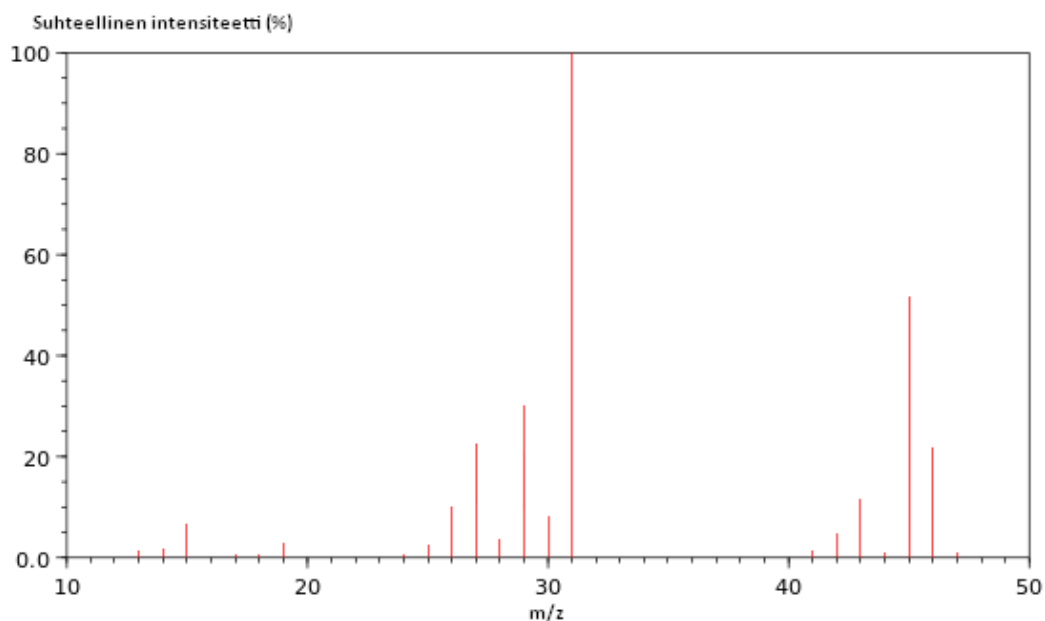
(Tro, 2014, s. 75–76). Sen jälkeen massaspektrometri pommittaa näyteaineen kaasua korkeaenergisellä elektronisuihkulla, jonka vaikutuksesta näyteaineen molekyyleistä tai atomeista irtoaa elektroneja ja niistä muodostuu positiivisesti varautuneita ioneja eli kationeja (Smith, 2017, s. 496–497). Jos näyteaine sisältää molekyyliä, kutsutaan niiden elektronin menettänyttä muotoa molekyyli-ioniksi.

Molekyyli-ionia merkitään usein myös symboliyhdistelmällä M^+ , jossa M on molekyylin lyhenne, + kuvastaa ionin varausta ja · kuvastaa muodostuneen kationin radikaaliluonnetta (Smith, 2017, s. 497). Molekyyli-ionit ovat harvoin stabiileja ja siksi osa niistä fragmentoituu edelleen pienemmiksi radikaaleiksi alkuperäisestä molekyyli-ionista.

Seuraavaksi massaspektrometri kiihdyttää kaikki muodostuneet kationit – niin molekyyli-ionit kuin sen fragmentitkin – ja ohjaa ne magneettikenttään (Tro, 2014, s. 75–76). Magneettikentän suunta ei ole yhtäläinen kiihdytettyjen kationien lentoratojen kanssa, vaan vaikuttaa niiden kulkusuuntaan. Magneettikentän vaikutuksen voimakkuus kationien lentorataan riippuu kationien massasta ja varauksesta. Mitä suurempi massa kationilla on, sitä pienempi on magneettikentän vaikutus, ja mitä suurempi varaus kationilla on, sitä suurempi on magneettikentän vaikutus. Näin ollen sekä molekyyli-ionille että jokaiselle siitä eri tavalla fragmentoituneelle kationille muodostuu magneettikentän vaikutuksesta erilainen lentorata, sillä jokaisella niistä on erisuuruinen massa (Smith, 2017, s. 497). Lopulta kationit saapuvat detektorin pinnalle – jokainen erilainen hiukkanen eri pisteeseen – lentoratansa mukaisesti (Tro, 2014, s. 75–76).

Massaspektrometri muodostaa detektorilla luetuista törmäyksistä graafisen kuvaajan, jota kutsutaan massaspektriiksi. Kuvassa 3 on esimerkki etanolin massaspektristä. Massaspektri koostuu useasta erikorkuisesta piikistä, joista jokainen kuvaa detektorin eri pisteeseen iskeytynyttä signaalia eli erimassaista kationia (Gross, 2006, s. 4–5). Mitä enemmän samaan pisteeseen iskeytyneitä kationeja on määrällisesti, sitä voimakkaamman signaalin kyseinen kationi muodostaa detektorilla (Tro, 2014, s. 75–76). Suurempi signaalin voimakkuus eli intensiteetti voidaan massaspektrillä havaita suurempana y-akselin arvona eli korkeampana piikkinä (Tro, 2014, s. 75–76). Massaspektrin korkeinta piikkiä kutsutaan peruspiikiksi ja sille annetaan y-akselin arvo 100 %, johon kaikki muut piikit suhteutetaan (Tro, 2014, s. 76; Smith, 2017, s. 497; Gross, 2006, s. 5). Peruspiikin muodostava kationi on muodostuneista hiukkasista stabiilein, minkä vuoksi niitä on lukumäärällisesti kaikista eniten (Fessenden ja Fessenden, 1998, s. 340). Tämän vuoksi peruspiikki on myös usein molekyyli-ionin piikki, vaikka näin ei kuitenkaan aina ole (Smith, 2017, s. 497). Kuvassa 3 peruspiikki löytyy x-akselin arvosta 31. Piikkien saama x-akselin arvo vuorostaan kertoo detektorille

saapuvien signaalien eli kationien massasta ja/tai varauksesta (Tro, 2014, s. 75–76). Muodostuneiden kationien varaus on kuitenkin melkein aina +1, minkä vuoksi x-akselin arvo määrittää itseasiassa suoraan yksittäisten kationien moolimassoja (Smith, 2017, s. 497). Näin ollen mitä suurempi massa tietyn piikin muodostavilla hiukkasilla on, sitä suuremman x-akselin arvon piikki saa. (Tro, 2014, s. 75–76)



Kuva 3. Etanolin massaspektri. (Mukaiillen NIST, 2021b)

Tärkein massaspektrillä esiintyvä yksittäinen tieto löytyy niin kutsutusta molekyyli-ionin piikistä eli M^+ -piikistä. Molekyyli-ionilla on detektorille saapuvista kationeista suurin massa, sillä kaikki muut kationit ovat alun perin fragmentoituneet siitä, jolloin niiden massojen täytyy olla molekyyli-ionin massaa pienempiä. (Gross, 2006, s. 4–5)

Molekyyli-ionin piikillä tulisi siis olla suurin x-akselin arvo. Usein massaspektrillä esiintyy kuitenkin myös molekyyli-ionin piikkiä yhtä x-akselin arvoa suurempi piikki. Tätä piikkiä kutsutaan $M+1$ -piikiksi ja se muodostuu orgaanisen molekyyli-ionin ^{13}C -isotoopista, jota on hetkellisesti aina noin 1,1 % kaikista hiiltä sisältävistä molekyyleistä (Smith, 2017, s. 498). ^{13}C -isotoopin moolimassa on yleisempää ^{12}C -isotoopin moolimassaa 1 g mol^{-1} verran suurempi, sillä ^{13}C -hiilen ytimessä on 1 kpl neutroneja enemmän kuin ^{12}C -hiilen ytimessä (Smith, 2017, s. 498). $M+1$ piikki on aina selkeästi M^+ piikkiä matalampi, sillä sen suhteellinen osuus muodostuneista kationeista on monin kerroin pienempi.

Molekyyli-ionin piikki on siis lähes poikkeuksetta aina suurimman m/z -arvon omaavan piikkiklusterin viimeinen korkea piikki, siinä missä $M+1$ -piikki on lähes aina kaikista

suurimman m/z -arvon omaava piikki. Kuvassa 3 M^+ piikki löytyy x-akselin arvosta 46 ja $M+1$ -piikki x-akselin arvosta 47.

Joskus on kuitenkin myös mahdollista, ettei massaspekttrissä esiinny molekyyli-ionin piikkiä ollenkaan. Näin käy, jos näytteestä muodostuva molekyyli-ioni on todella epästabiili, ja kaikki molekyyli-ioneista fragmentoituu pienemmiksi radikaaleiksi. Näin voi käydä esimerkiksi alkoholien kohdalla, sillä niiden alkoholiryhmä lohkeaa helposti, muodostaen vesimolekyyliä. (Fessenden ja Fessenden, 1998, s. 340)

Alkuperäisen näytteen moolimassan määrittäminen on mahdollista, jos molekyyli-ionin piikki M^+ onnistutaan tunnistamaan massaspekttriltä. Molekyyli-ionin ja alkuperäisen yhdisteen moolimassat voidaan approksimoida yhtäläisiksi, sillä ne eroavat toisistaan vain yhden elektronin massan verran. Elektronien massa on noin $9,109 \cdot 10^{-31}$ kg, siinä missä ydinten protonien massa on noin $1672,622 \times 10^{-31}$ kg ja neutronien noin $1674,927 \times 10^{-31}$ kg (NIST, 2019a-c). Hiukkasista elektronin massa on yli sata kertaa muita pienempi, minkä vuoksi on perusteltua olettaa, ettei yhden elektronin massan vaikutus ole merkitsevä alkuperäisen molekyylin (M) ja siitä ionisoidun molekyyli-ionin (M^+) massojen muodostumisessa. Tämän lisäksi, kun otetaan huomioon, että muodostuneiden kationien varaus on melkein aina $+1$, voidaan massaspektrometrillä ajetun orgaanisen yhdisteen moolimassa lukea suoraan massaspekttrin M^+ piikin x-akselin arvosta (Gross, 2006, s. 4–5). Kuvan 3 molekyylin eli etanolin moolimassa on massaspekttrin mukaan siis 46 g mol^{-1} , mikä vastaa etanolin moolimassaa – joka on noin $46,069 \text{ g mol}^{-1}$ – hyvin.

6.2 IR-spektrometria

Infrapunaspektrometria eli IR-spektrometria tai -spektroskopia on tekniikka, jota hyödynnetään erityisesti orgaanisessa kemiassa, sillä sen avulla on mahdollista tunnistaa näyteaineesta löytyviä orgaanisia funktionaalisia ryhmiä (Smith, 2017, s. 496). IR-spektrometriset mittaukset eivät ole destruktiivisia, mikä tarkoittaa, että ne eivät tuhoa näyteainetta, toisin kuin esimerkiksi massaspektrometriset menetelmät.

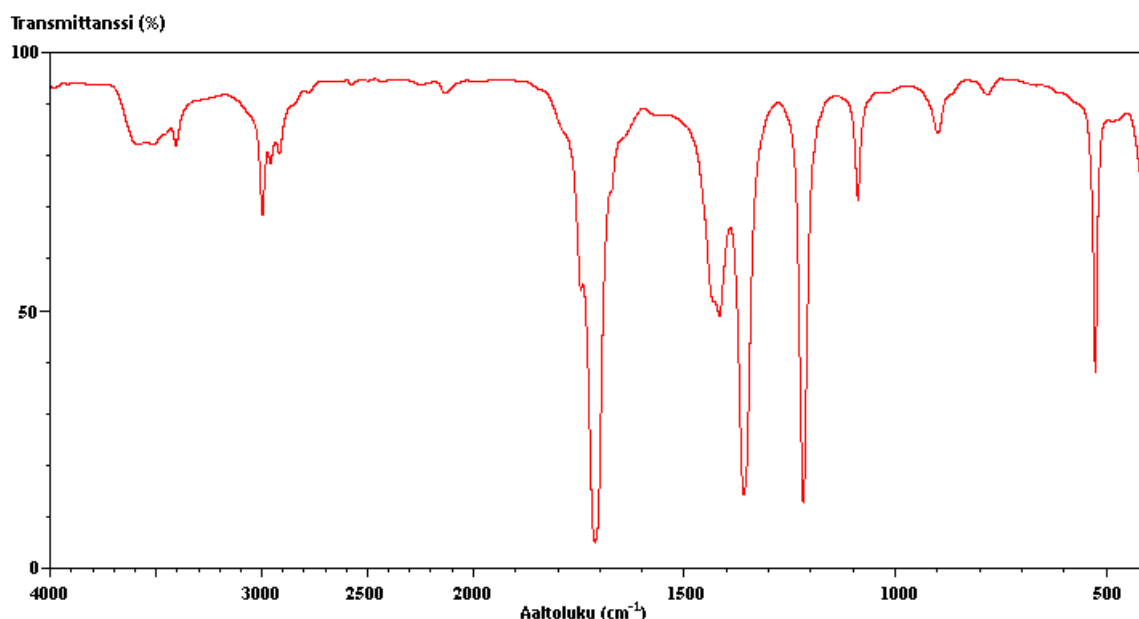
IR-spektrometriassa tutkittava näyteaine mitataan IR-spektrometrillä, joka hyödyntää toiminnassaan matalaenergistä sähkömagneettista infrapunasäteilyä. Matalaenergisyytensä vuoksi infrapunasäteilyn aallonpituus on suurempi ja taajuus – joka sijoittuu kokonaisuudessaan aaltolukuvälille $(12500 - 10) \text{ cm}^{-1}$ – pienempi kuin näkyvän valon (Smith, 2017, s. 506-508). IR-spektrometrissä näyte asetetaan spektrometrin näytekammioon, minkä jälkeen IR-spektrometri säteilyttää IR-säteilyä näyteaineen läpi. (Smith, 2017, s. 508–

509) Näyteaineen läpäistessään IR-säteily osuu näyteaineen molekyyliin, jolloin osa säteilyn aallonpituuksista absorboituu molekyylien sidoksiin.

Sidosten kyky absorboida IR-säteilyä perustuu siihen, että suurin osa orgaanisten yhdisteiden kovalenttisten sidosten värähtelytaajuuksista sijoittuu aaltolukuvälille ($4000 - 400$) cm^{-1} , joka sisältyy kokonaisuudessaan infrapunasäteilyn taajuusalueen sisälle. (Smith, 2017, s. 508–509) Tämän vuoksi IR-säteilyn osuessa orgaanisten molekyylien sidoksiin, sidokset absorboivat värähtelytaajuuttaan vastaavia taajuuksia IR-säteilyn aallonpituuksista ja niiden kantamasta energiasta. Absorption yhteydessä energiaa siirtyy sidoksiin, minkä vaikutuksesta niissä tapahtuu värähtelyvirittymistä, jolloin ne venyvät ja taipuvat.

Sidosten värähtely on lisäksi kvantittunutta, mikä tarkoittaa sitä, että absorptio tapahtuu aina tietyille sidokselle vain sen ominaisella värähtelytaajuudella. Riippuen siis siitä, mitä sidoksia näyteaineessa on, alkuperäisestä säteilystä absorboituu eri määrä eri taajuusalueita. Kaikki absorboitumaton osa IR-säteilystä jatkaa matkaansa eli transmittoituu näyteaineen läpi muuttumattomana detektorille, joka mittaa saapuvan säteilyn taajuusalueet ja niistä jäljelle olevat osuudet. (Chemistry LibreTexts, 2020)

Detektorin mittaukseen perustuen IR-spektrometri muodostaa graafisen kuvaajan näyteaineen läpi transmittoituneesta säteilystä. Kuvassa 4 on esimerkki propanonin IR-spektristä. Muodostunutta kuvaajaa kutsutaan IR-spektriiksi, jonka x-akseli kuvaa säteilyn taajuutta ja y-akseli näyteaineen läpi kulkeneen valon prosentuaalista osuutta eli transmittanssia (Smith, 2017, s. 509). IR-spektristä voidaan tunnistaa näyteaineen erilaatuiset kovalenttiset sidokset, kun entuudestaan tunnetaan niiden värähtelytaajuudet. Jos spektrillä voidaan havaita selkeä piikki absorptiossa tietyn kemiallisen sidoksen värähtelytaajuutta vastaavalla x-akselin arvolla, voidaan olettaa, että kyseisen spektrin yhdiste sisältää ainakin yhden kappaleen kyseisiä kovalenttisiä sidoksia, sillä se on absorboinut kyseisen sidoksen värähtelytaajuutta vastaavan osuuden säteilyn taajuuksista. Samalla, kun yhdisteistä saadaan tunnistettua kemiallisia sidoksia, opitaan myös mitä funktionaalisia ryhmiä niissä esiintyy. Esimerkiksi, jos tunnistamme yhdisteestä hiilen ja hapen välisen kaksoissidoksen, tiedämme, että yhdisteessä on karbonyyliryhmä ($\text{C}=\text{O}$).



Kuva 4. Propanonin IR-spektri. (Mukaiillen Hunt, 2021)

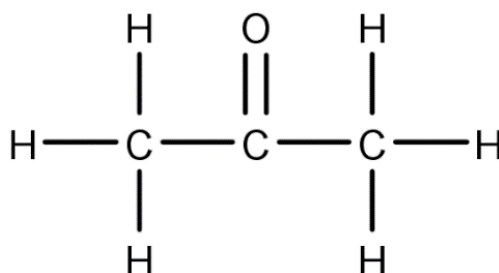
Kovalenttisten sidosten värähtelytaajuuden alueen sijaitsemisen yleissääntönä on se, että mitä vahvempi sidos atomien välillä on ja mitä pienempi massa atomeilla on sitä suuremmalla taajuudella ja korkeammalla energialla kyseinen sidos absorboi eli sitä suurempi on sen värähtelytaajuus (Smith, 2017, s. 510). Matalan massansa vuoksi vedyn muodostamien yksöissidosten värähtelytaajuudet sijaitsevat aaltolukuvälillä (4000 – 2500) cm⁻¹, erilaisten kolmoissidosten värähtelytaajuudet aaltolukuvälillä (2500 – 2000) cm⁻¹, erilaisten kaksoissidosten värähtelytaajuudet aaltolukuvälillä (2000 – 1500) cm⁻¹ ja hiilten muodostamien yksöissidosten värähtelytaajuudet aaltolukuvälillä (1500 – 400) cm⁻¹ (Smith, 2017, s. 511).

IR-spektrissä erilaisten kovalenttisten sidosten piikit eroavat toisistaan värähtelytaajuuden lisäksi absorptiointensiteetin suhteen. Tietyt aineet absorboivat suuremman osan niiden sisältämien sidosten ominaisvärähtelyenergiaa vastaavasta säteilystä kuin toiset aineet. IR-spektrillä tämä absorptiointensiteetin kasvu nähdään vahvempana piikkinä. Toisin sanoen sellainen aine, jonka läpi transmittoituu vain pieni osa siihen osuvasta ja sen sidosten ominaisvärähtelyenergiaa vastaavasta säteilystä, muodostaa vahvoja piikkejä IR-spektrille. (Fessenden ja Fessenden, 1998, s. 344) Absorptiointensiteetit voidaan karkeasti jakaa kolmeen voimakkuusluokkaan: vahvoihin (> 50 %), keskivahvoihin (10 % – 50 %) ja heikkoihin (< 10 %). Tarkat värähtelytaajuudet ja absorptiointensiteetit yleisimmille funktionaalisille ryhmille on kuvattu taulukossa 4 (Smith, 2017, s. 512-516).

Taulukko 4. Orgaanisen kemian yleisimmät funktionaaliset ryhmät, niiden sisäisten kovalenttisten sidosten värähtelytaajuuudet ja absorptiointensiteetit. (Smith, 2017)

Funktionaalinen ryhmä	Värähtelytaajuus (cm ⁻¹)	Absorptiointensiteetti
Alkoholi (O-H)	3600-3200	vahva
Amino (N-H)	3500-3200	keskivahva
(C _{sp} -H)	3300	keskivahva
(C _{sp2} -H)	3150-3000	keskivahva
(C _{sp3} -H)	3000-2850	vahva
Kolmoissidos (C≡C)	2250	keskivahva
Nitriili/Syano (C≡N)	2250	keskivahva
Karbonyyli (C=O)	1800-1650	vahva
Kaksoissidos (C=C)	1650	keskivahva
Fenyyli (⊙)	1600 ja 1500	keskivahva

Kuvassa 4 voidaan havaita vahva piikki noin aaltoluvussa 1700 cm⁻¹ sekä heikompia piikkejä aaltolukuvälillä (3000 – 2800) cm⁻¹. Taulukon 4 perusteella näyttäisi siltä, että kuvan 4 yhdiste sisältää ainakin yhden karbonyyliryhmän (C=O) sekä useampia vedyn ja hiilen välisiä yksöissidoksia (C_{sp3}-H), mikä vastaa propanonin molekyyliarakennetta hyvin, kuten kuvasta 5 nähdään.



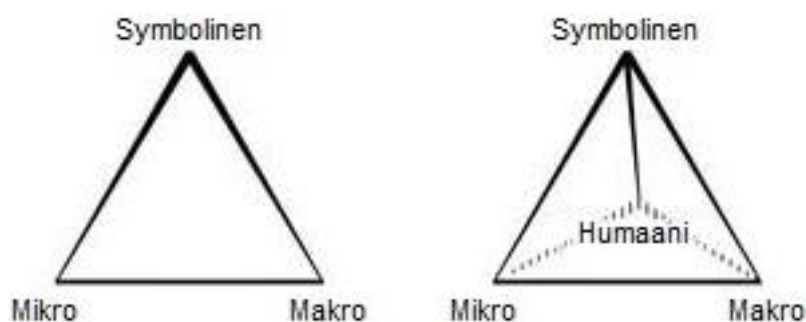
Kuva 5. Propanonin eli asetonin yksinkertaistettu kaksikulotteinen rakennekaava. (Mukaiillen NIST, 2021a)

IR-spektrin aluetta (4000 – 1500) cm⁻¹ kutsutaan funktionaalisten ryhmien alueeksi, sillä sen sisällä on selkeää eritellä ja tunnistaa funktionaalisten ryhmien piikkejä. Hiilen muodostamia yksöissidoksia on orgaanisissa yhdisteissä kuitenkin tavallisesti huomattavasti enemmän kuin muita funktionaalisia ryhmiä. Tämän vuoksi IR-spektrin aaltolukuvälillä (1500 – 400) cm⁻¹ esiintyy suuri määrä päällekkäisiä piikkejä, joita on vaikea erottaa toisistaan.

(Smith, 2017, s. 510-511) Tätä IR-spektrin taajuusalueita kutsutaan sormenjälkialueeksi. Sormenjälkialuetta voidaan haastavasta tulkinnastaan huolimatta kuitenkin hyödyntää vertailtaessa tuntemattoman aineen IR-spektriä tunnettujen aineiden arkistoituihin IR-spektreihin. (Chatwal ja Anand, 2009, s. 2458-2464) Tällöin jopa hyvin samankaltaiset yhdisteet on mahdollista erottaa toisistaan (tästä nimitys sormienjälkialue). Sormenjälkialueelle sijoittuvat mm. seuraavat funktionaaliset ryhmät: hiilten väliset yksöissidokset (C-C), alkoksiryhmä (C-O) ja haloryhmät (C-X) (Smith, 2017, s. 510-511).

7 Spektrometria ja ongelmaperustaisuus lukiossa

Spektrometria näyttöytyy oppilaille ensimmäistä kertaa aikaisintaan lukio-opetuksessa, sillä sen käsittely ja ymmärtäminen vaatii oppilaalta paljon ja monipuolista kemiallista pohjatietoa sekä osaamista. Aivan ensimmäiseksi oppilaan tulee pystyä käsittelemään kemian tietoa sen kolmella perinteisellä tasolla tai ulottuvuudella. Nämä kemiallisen tiedon tasot ovat Johnstonen (1993) määrittelemät makroskooppinen, mikroskooppinen sekä symbolinen taso (kuva 6). Nykyajan lukiossa oppilaiden tulee Mahaffyn (2004) mukaan kyetä myös hallitsemaan monimutkaisempia kognitiivisen kyvykkyyden taitoja – kuten tutkimuksellisia ja ongelmanratkaisun taitoja – yhdistettynä kemian opiskeluun. Mahaffy (2004) onkin ehdottanut tällaiset kognitiiviset taidot huomioivan ulottuvuuden lisäämistä osaksi Johnstonen (1993) kolmitasomallia, tehden mallista tetraedrimäisen nelitasomallin (kuva 6). Mahaffy (2004) kutsuu tätä neljättä ulottuvuuttaan humaniksi tasoksi, sillä se sitoo ja yhdistää kemian tiedon kolme muuta ulottuvuutta jokapäiväisen arjen ilmiöihin.



Kuva 6. Johnstonen kolmitasomalli ja Mahaffyn nelitasomalli. (Mukaiillen Mahaffy 2004)

Oppilaiden tulee myös hallita orgaanisten molekyylien ja niiden funktionaalisten ryhmien tunnistaminen ja nimeäminen sekä niiden rakennekaavojen ja molekyylikaavojen kirjoittaminen. Orgaanisen tiedon lisäksi oppilaiden tulee ymmärtää alkuaineiden ominaisuudet kovalenttisten sidosten muodostamisessa. Oppilaat tarvitsevat myös jonkin verran fysikaalista ymmärrystä sähkömagneettisen säteilyn aaltoluonteesta ja säteilyn lajeista eli taajuusalueista,

jotta heidän on mahdollista ymmärtää spektrometriä perustoimintaperiaatetta. Massaspektrometriaa käsiteltäessä oleellista on lisäksi ymmärtää alkuaineiden ioni- sekä radikaaliluonnetta ja magneettikenttien toimintaa. Spektrien tulkinnessa ja niiden soveltamisessa oppilaat tarvitsevat spektroskopian teoreettista ymmärtämistä, mittausten menetelmien tuntemusta, kemiallisten käsitteiden – kuten moolin ja moolimassan hallitsemista ja vähintään karteesisen koordinaatiston perustuntemusta.

Lukion kemian aiheena spektrometria on siis haastava, minkä vuoksi sen tarkastelua rajataan opetuksessa melko paljon, kuten esimerkiksi Lehtiniemen ja Turpeenojan (2015) kirjoittamasta KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssin oppikirjasta Mooli 2 käy ilmi. Se käsittelee spektrometriset menetelmät vain pinnallisesti ja jättää sen monimutkaisemmat komponentit huomiotta lukio-opetuksen yhteydessä. Spektrometrian aiheesta oppilaiden kemiallisen kyvykkyyden erot myös korostuvat samoista syistä, jolloin eriyttämisestä tulee entistä tärkeämpää. Opettajasta riippuen voi olla, että spektrometrian kokonaisuus käsitellään vain ylimääräisenä osiona tai jätetään kokonaan käsittelemättä, jos aika siihen ei riitä. Tähän voi myös vaikuttaa se, ettei jokainen opettaja kenties omaa riittäviä valmiuksia laadukkaasti spektrometrian opetuksen tarjoamiseksi.

7.1 Lukion opetussuunnitelman perusteet

Opetushallitus (2019) määrittelee lukion kemian oppiaineen sisällölliset ja osaamiseen liittyvät oppimistavoitteet aina uusimmassa laatimassaan lukion opetussuunnitelmien perusteissa (LOPS). Tällä hetkellä uusin voimassa oleva LOPS on vuonna 2019 laadittu ja 2021 käyttöön otettu versio.

Opetushallituksen (2015) aikaisemmassa LOPS:n versiossa todetaan ”*aineen rakenteen analyysimenetelmien, kuten spektroskopian*” kuuluvan yhdeksi lukion KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssin keskeisistä asiasisällöistä, ja liittyy spektrometrian näin yksiselitteiseksi osaksi kyseistä lukion kurssia. Uusimmassa LOPS:ssa (Opetushallitus, 2019) kemian oppiaineen toinen kurssi nimettiin uudelleen KE2 Kemia ja kestävä tulevaisuus -kurssiksi. Tällä uudella KE2 -kurssilla ei enää määritellä spektroskopiaa yhtä tarkasti, vaan ainoastaan todetaan, että yhtenä oppilaan tavoitteista on ”*syventää käsitystään kemiallisista sidoksista ja niiden merkityksestä aineen ominaisuuksille*”. Tämä tavoite liittyy spektrometrian edelleen epäsuorasti osaksi KE2 Kemia ja kestävä tulevaisuus -kurssia, sillä aineen rakennetutkimuksen – kuten spektrometristen menetelmien – ymmärtäminen on vahvasti sidoksissa kyseisen tavoitteen saavuttamiseen. Myös uutta KE2 Kemia ja kestävä tulevaisuus -

kurssia varten tehdyt lukion oppikirjat käsittelevät edelleen aineen rakenteen analyysimenetelmiä kokonaan niille omistetuissa luvussa. (Lehtiniemi ja Turpeenoja, 2016).

Ylioppilaskokeiden läpäiseminen hyvin arvosanoin on edelleen nyky-yhteiskunnassamme merkittävä tekijä jatko-opiskeluun pääsemisen ja urasuuntautumisen kannalta. Aineen rakenteen analyysimenetelmien osaamisen testaaminen on aivan hiljattain esiintynyt ylioppilaskokeissa (YO-kokeissa) kahdesti, vieläpä peräkkäisillä kerroilla. Vuoden 2020 syksyn kemian YO-kokeessa esiintyi IR-spektroskopian osaamista vaativa tehtävä 9. Se sijoittui kokeen III-osaan, jonka tehtävistä on mahdollista saada kaikista eniten pisteitä (20 p). III-osan tehtävät ovat lisäksi YO-kokeiden vaativimpia, minkä vuoksi niissä pärjääminen edellyttää niissä vaadittavan kemian aihealueen hyvää tuntemusta ja osaamista. Vuoden 2021 kevään kemian YO-kokeessa puolestaan esiintyi NMR-spektroskopian osaamista vaativa tehtävä 10. Myös tämä tehtävä sijoittui kokeessa sen III-osaan, josta oli jälleen mahdollista ansaita kaikista eniten pisteitä (20 p). Molempien YO-kokeiden tehtävissä onnistuminen vaati erityisesti spektroskooppisten menetelmien tuottamien spektrien tulkitsemisen ja spektrien tiedon soveltamisen osaamista. Spektrometrian aiheen hallitsemisella oli näin ollen selkeä vaikutus hyvän arvosanan saavuttamisessa kyseisissä YO-kokeissa, ja tätä kautta kenties niihin vastanneiden oppilaiden tulevaisuuden suuntautumisessa. Aineen rakenteen analyysimenetelmien ja erityisesti spektrometristen menetelmien laadukas opettaminen on siis edelleen merkityksellisessä roolissa lukiolaisen oppimisen ja tulevaisuuden kannalta. (Yleisradio, 2020)

7.2 Ongelmaperustaisuus kemian opetuksessa

Ongelmaperustaisen oppimisen konsepti näyttäytyi entistä merkittävämmässä roolissa uusimmassa LOPS:ssa (Opetushallitus, 2019; Opetushallitus, 2015). Ensimmäisessä kemian oppiaineen opetusmenetelmiä käsittelevässä ohjeistuksessa kehoitettiin välittömästi hyödyntämään monipuolisuutta opetuksessa (Opetushallitus, 2019).

”Kemian opetuksessa käytettiin vaihtelevia ja monipuolisia opetus- ja opiskelumenetelmiä”.

Myöhemmin samassa ohjeistuksessa kannustettiin myös sosiaalisten ja tutkimuksellisten menetelmien sekä kriittisen ajattelun taitojen harjoittamiseen oppilaiden motivoimiseksi.

”Opiskelijan oma tutkimuksellinen työskentely kehittää työskentelyn ja yhteistyön taitoja sekä kriittistä ajattelua ja innostavat opiskelijaa kemian opiskeluun”.

Ongelmaperusteinen oppiminen perustuu nimenomaan tutkivaan oppimiseen ja yhteistyöhön, ja yksi siihen rinnastettavista termeistä onkin tutkimuksellinen oppiminen. Opetushallituksen

(2019) laatimasta LOPS:sta löytyi myös lukuisia muita ongelmaperustaista opetusmenetelmää suosivia ohjeita.

”Opetuksen keskeisiin lähtökohtiin kuuluu havainnointi ja tutkiminen.”

”Opiskelija kehittää vuorovaikutusosaamistaan ja oppii pitkäjänteisyyttä sekä vastuunottamista omasta työskentelystään monipuolisten työtapojen avulla, esimerkiksi projektioppimisella ja ryhmässä työskentelemällä.”

Ongelmaperustainen opetusmenetelmä mahdollistaa myös luovan ajattelun sekä osaamisen tehokkaan kehittymisen ja hyödyntämisen. Luovalla osaamisella on olennainen rooli nykyaikaisessa koulussa, jota myös uusimmassa LOPS:ssa kuvaillaan (Opetushallitus, 2019).

”Luonnontieteellisessä työskentelyssä luova osaaminen näkyy kykynä muodostaa kysymyksiä tarkasteltavista ilmiöistä sekä soveltaa, arvioida, yhdistellä ja analysoida hankittuja tietoja.”

Ongelmaperustaisen oppimisen hyödyntäminen yhtenä nykyaikaisen koulumaailman opetusmenetelmänä kemian oppiaineessa on siis monin tavoin perusteltua. Sen hyödyntämisestä onkin näyttöä mm. analyttisen kemian, teollisen kemian, lääketieteellisen kemian, ympäristökemian ja rikosteknisen kemian haaroilla (Overton ja Randles, 2015). Ongelmaperustaisen oppimisen soveltaminen orgaanisen, epäorgaanisen ja fysikaalisen kemian osa-alueiden opetukseen on kuitenkin ollut muita kemian osa-alueita heikompa, mikä johtunee siitä, että niiden sisällä asiayhteyden löytäminen oikeaan maailmaan on huomattavasti haastavampaa (Overton ja Randles, 2015). Uusien kemian perinteisten osa-alueiden – kuten orgaanisen kemian – menetelmille, jotka hyödyntävät ongelmaperustaista oppimista opetuksen lähtökohtana on siis selkeästi tarvetta.

7.3 Vastaavia ongelmaperustaiseen opetusmenetelmään liittyviä tutkimuksia

Basso ym. (2018) kehittivät ja testasivat lukiolaisille suunnatun ongelmaperusteisen kemian yleisessä opetuksessa hyödynnettävän opetuspaketin. Opetuspaketin tavoitteena oli selvittää valmisteltu mysteeri, jossa viiden hengen pienryhmien tehtävänä oli selvittää, *”kuka tappoi neiti Scarletin?”*. Epäiltyjä oli viisi, joista jokaisella oli eri motiivi. Ryhmille pidettiin aluksi lyhyt esitys ja tehtävänanto mysteeristä, minkä jälkeen ryhmät suorittivat aiheeseen perehdyttävän lyhyen alkutestin. Kyselyssä mitattiin lisäksi oppilaiden mieltymystä kemian oppiaineeseen sekä kokemusta omasta kyvykkyydestä kemian alalla. Mysteeriä ratkaistessaan ryhmät hyödynsivät rikospaikkatutkimuksessa (engl. *crime scene investigation, CSI*) käytettyjä menetelmiä, joiden avulla heidän oli mahdollista löytää johtolankoja, ja joiden tulkitsemiseksi heidän oli käytettävä erilaisia kemiallisia tietoja ja taitoja. Ryhmien tuli hyödyntää ja tulkita

jokaista johtolankaa päätyäkseen lopulliseen yksiselitteiseen ratkaisuun. Kokeilu kesti yhden kouluviikon ajan eli viisi päivää, jonka päätteeksi ryhmät pääsivät esittämään ja keskustelemaan oman rikostutkimuksensa tuloksista ja valitsemastaan syyllisestä muiden kanssa. Kokeilun vaikutusta oppilaiden kemiallisen mielenkiinnon lisääntymiseen testattiin välittömästi kokeilun päätteeksi pidetyllä anonyymillä kyselyllä, johon osallistui 84 kokeilun suorittaneita oppilaita. Kysely koostui 20 väitöksestä, joihin oppilaat valitsivat vastauksen 7-portaiselta Likert-asteikolta kokemuksensa mukaan. Sen tulosten perusteella Basso ym. (2018) havaitsivat, että oppilaiden mielenkiinto kemiaa kohtaan oli kasvanut ja heidän asenteensa sitä kohtaan muuttunut positiivisemmaksi. Basson ym. (2018) mukaan suurimmat ongelmaperusteisen oppimisen positiiviset vaikutukset näkyvät nimenomaan oppilaissa, joiden asennoituminen ja kyvykkyys kemian oppiaineessa olivat lähtökohdiltaan heikolla tasolla. (Basso ym., 2018)

Tutkimuksessaan Maxwell ym. (2005) hyödynsivät useampaa opettajaa, joista jokainen opetti taloustiedettä lukiossa aina kahdelle eri oppilasryhmälle, jotka opettajat valitsivat sokkoina. Yhtä ryhmistä opetettiin aina perinteisin opetusmenetelmin, kun taas toista opetettiin ongelmaperustaisella opetusmenetelmällä. Ongelmaperustaisella oppitunnilla oppilaat toimivat pienryhmissä ja pyrkivät ratkaisemaan Maxwellin ym. (2005) laatiman ja nimeämän ”*presidenttidilemma*” -ongelman. Sitä selvittäessään oppilaat joutuivat hyödyntämään taloustieteellisiä taitojaan sekä selvittämään uutta aiheeseen liittyvää tietoa, esimerkiksi inflaatiosta ja bruttokansantuotteesta. Ongelman selittämiseen käytettiin useita oppitunteja (5–10 kpl), eikä siihen ollut yhtä ainoaa oikeaa ratkaisua, vaan jokainen ryhmistä päätyi heille omaan lopputulokseen. Lopuksi ongelmaperustaiset ryhmät laativat raportin ja esityksen omasta ongelmanratkaisuprosessistaan ja sen ratkaisusta, ja esittivät sen muille. Perinteisten opetusmenetelmien ryhmille opetettiin samat asiat kuin ongelmaperustaisellekin, mutta heidän opetuksensa oli puolestaan luennoivaa. Molemmat tutkimusryhmistä vastasivat lisäksi 16 monivalintakysymyksestä koostuviin alku- ja loppukyselyihin, joiden perusteella arvioitiin ja vertailtiin oppilaiden kyvykkyyttä aiheen sisällä ennen ja jälkeen oppimistilanteita. Molempien opetusmenetelmien todettiin parantavan oppilaiden suoriutumista ja tietomäärää aiheen parissa, mutta ongelmaperustaisen opetusmenetelmän havaittiin tuottaneen parempia oppimistuloksia. Erot olivat kuitenkin melko pieniä, eivätkä Maxwell ym. (2005) voineet tehdä merkittäviä johtopäätöksiä ongelmaperustaisen opetusmenetelmän ylivertaisuudesta perinteisiin opetusmenetelmiin oppimistulosten suhteen.

Dobbsin (2008) mukaan Keegan tutki ongelmaperustaisen opetusmenetelmän ja perinteisten opetusmenetelmien eroja 14–16-vuotiaiden oppilaiden oppimistuloksiin. Hänen

tutkimukseensa osallistui yhteensä 106 oppilasta, jotka Keegan erotteli oppimismotivaatioltaan ja koulupäryjämiseltään korkeatasoisiin, keskitasoisin ja heikotasoisiin ryhmiin. Jokainen tasoryhmistä jaettiin kahtia ja muodostettiin kaksi tutkimusryhmää, joissa molemmissa oli yhtä paljon oppilaita jokaisesta tasoryhmästä. Näille kahdelle tutkimusryhmälle opetettiin sitten mendelististä genetiikkaa, yhdelle ongelmaperustaisesti ja toiselle perinteisin menetelmin. Keegan havaitsi, ettei eri opetusmenetelmin opettujen ryhmien oppimistuloksien välillä ollut merkitsevää eroa. Hän toteaaakin, ettei kyseisen tutkimuksen kannalta voida tulkita kumpaakaan opetusmenetelmää toista paremmaksi.

Üce ja Ateş (2016) vertailivat ongelmaperustaista ja perinteisiä opettajakeskeisiä opetusmenetelmiä lukion kemian teeman seokset opetuksessa. Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 48 turkkilaista oppilasta. Opetettavat oppilasryhmät jaettiin kokeiluryhmiin, joita opetettiin ongelmaperustaisesti, ja kontrolliryhmiin, joita opetettiin opettajakeskeisesti. Tutkijat valmistelivat ja suunnittelivat opetuksessa hyödynnettävät materiaalit ja menetelmät. Molemmille ryhmille pidettiin lisäksi alku- ja lopputestit opetuskerran ympärillä. Ongelmaperustaisilla oppitunneilla käsiteltiin ympäristön vesistöjen saastumiseen liittyvää ongelmaa, kun taas opettajakeskeisillä oppitunneilla samaa aihetta tarkasteltiin luennoiden. Lopputestien tulosten perusteella ongelmaperustainen opetusmenetelmä todettiin paremmaksi menetelmäksi tutkitun aiheen opettamisessa.

Çelik, ym. (2012) tutkivat ongelmaperustaisen opetusmenetelmän vaikutuksia yläkoulun kemiassa aineen ja lämmön aiheessa. Tutkimukseen osallistuneet oppilaat jaettiin kokeiluryhmiin, joita opetettiin ongelmaperustaisesti ja kontrolliryhmiin, joita opetettiin perinteisin opetusmenetelmin. Ryhmille pidettiin alku- ja lopputestit ennen ja jälkeen opetustapahtumien. Niillä testattiin oppilaiden asennoitumista ja kyvykkyyttä kemian oppiaineessa. Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän todettiin vaikuttaneen perinteisiä opetusmenetelmiä positiivisemmin oppilaiden oppimissaavutuksiin ja asenteisiin kemian oppiainetta kohtaan.

Özeken ja Yildirim (2011) tutkivat ongelmaperustaisen opetusmenetelmän vaikutuksia lukion kemiassa happoja käsittelevässä aiheessa. Heidän tutkimukseensa osallistui yhteensä 95 turkkilaista oppilasta, jotka jaettiin ongelmaperustaisesti opettuihin kokeiluryhmiin ja perinteisin opetusmenetelmin opettuihin kontrolliryhmiin. Tutkimuksessa valmisteltiin 24 monivalintakysymyksestä koostuva testi, jolla testattiin tutkimusryhmien pärjäämistä happojen aiheessa sekä ennen että jälkeen opetustapahtuman. Testin tulosten perusteella kokeiluryhmät pärjäsivät kontrolliryhmiä paremmin jälkimmäisessä testissä. Ongelmaperustaisen

opetusmenetelmän todettiin kehittävä erityisesti oppilaiden ongelmanratkaisukykyä perinteisiä opetusmenetelmiä paremmin.

Tüysüz, ym. (2010) tutkivat ongelmaperustaisen opetusmenetelmän vaikutuksia lukion kemian oppiaineen kaasujen aiheessa. Tutkimukseen osallistui yhteensä 52 turkkilaista oppilasta. Oppilaat tekivät oppimistilanteen yhteydessä alku- ja lopputestin, joiden avulla heidän asennoitumista ja osaamista mitattiin kemian oppiaineessa. Ongelmaperustaista opetusmenetelmää verrattiin perinteisiin opetusmenetelmiin, ja oppilaat jaettiin ongelmaperustaisiin kokeiluryhmiin sekä perinteisiä menetelmiä hyödyntäviin kontrolliryhmiin. Opetuskertojen jälkeisen lopputestin perusteella ongelmaperustaisen opetusmenetelmän todettiin parantaneen oppilaiden asennoitumista kemian oppiainetta kohtaan, mutta samalla myös vaikuttaneen positiivisesti oppilaiden oppimissaavutuksiin suhteessa perinteisiin opetusmenetelmiin.

Urek ja Acar (2008) tutkivat ongelmaperustaisen opetusmenetelmän vaikutuksia yhdeksännen luokan kemiassa molekyylien välisten vuorovaikutusten aiheessa. Tutkimukseen osallistui 78 englantilaista oppilasta, jotka jaettiin kokeiluryhmiin ja kontrolliryhmiin. Kokeiluryhmät saivat opetusta ongelmaperustaisesti ja kontrolliryhmät perinteisin opetusmenetelmin. Oppituntien jälkeen oppilaat vastasivat loppukyselyyn, jolla testattiin heidän oppimistaan. Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän todettiin vaikuttavan positiivisemmin oppilaiden oppimissaavutuksiin kuin perinteisten opetusmenetelmien. Heidän mukaansa ongelmaperustainen opetusmenetelmä vähensi erityisen tehokkaasti oppilaiden väärinkäsityksiä kemiallisten voimien ja lakien toiminnasta, ja tutkijan sanojen mukaisesti paransi oppilaiden sosiaalisia taitoja.

Kelly ja Finlayson (2007) tutkivat ongelmaperustaisen opetusmenetelmän vaikutuksia ensimmäisen vuoden yliopisto-opiskelijoiden kemian laboratoriotyöskentelyssä. He kehittivät ja testasivat ongelmaperustaisen laboratorioduulin toimivuutta, jakamalla ensimmäisen vuoden kemian yliopisto-opiskelijat ongelmaperustaiselle laboratorionkurssille ja perinteiselle laboratorionkurssille. Molemmilla kursseista opittiin ja käsiteltiin sekä samoja teoreettisia että käytännön aihealueita. Tulosten perusteella ongelmaperustaisen opetusmenetelmän hyödyntäminen laboratoriotyöskentelyssä tuotti ja kehitti elinikäisiä käytännön taitoja, kuten itseohjautuvuutta, ongelmanratkaisutaitoja sekä kriittistä ja tieteellistä ajattelua tehokkaammin kuin perinteinen laboratoriotyöskentely. Oppilaat pitivät ongelmaperustaisesta menetelmästä myös enemmän. Ongelmaperustaisen menetelmän todettiin lisäksi kuluttavan saman verran resursseja kuin perinteinen menetelmä, eikä se siksi ollut oppilaitokselle tai opetuksesta vastaavalle taholla raskaampi kuin perinteinen menetelmä.

Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän vaikutuksia selvittäville tutkimuksilla vaikuttaa kemian alalla – erityisesti lukio-opetuksen yhteydessä – olevan hyvin yhtäläinen lähestymistapa ja rakenne itse tutkimuksen toteutukselle. Tutkimuksissa verrataan lähes poikkeuksetta ongelmaperustaista opetusmenetelmää opettajakeskeisiin perinteisiin opetusmenetelmiin, yleensä luennointiin (Basso ym., 2018; Maxwell ym., 2005; Dobbs, 2008; Üce ja Ateş, 2016; Çelik, ym., 2012; Özeken ja Yildirim, 2011; Tüysüz, ym., 2010; Urek ja Acar, 2008; Kelly ja Finlayson, 2007). Näin toimittiin myös tässä tutkimuksessa ja ongelmaperustaisen opetusmenetelmän kanssa vertailtavaksi menetelmäksi valittiin opettajajohtoinen opetusmenetelmä.

Tutkimusten kohteena olevat oppilaat jaetaan tutkimuksissa yleisesti myös aina kahteen ryhmään: ongelmaperustaisesti opetettuun kokeilyryhmään ja perinteisin opetusmenetelmin opetettuun kontrolliryhmään (Basso ym., 2018; Maxwell ym., 2005; Dobbs, 2008; Üce ja Ateş, 2016; Çelik, ym., 2012; Özeken ja Yildirim, 2011; Tüysüz, ym., 2010; Urek ja Acar, 2008; Kelly ja Finlayson, 2007). Tämä tutkimus hyödynsi vastaavasti tätä samaa jakoa.

Tutkimuksissa on tavallista myös monivalintakysymyksiin perustuvien alku- ja lopputestien hyödyntäminen ja niiden avulla tutkimusdatan kerääminen (Basso ym., 2018; Maxwell ym., 2005; Üce ja Ateş, 2016; Çelik, ym., 2012; Tüysüz, ym., 2010). Tässäkin tutkimuksessa valmisteltiin alku- ja loppukyselyt testaamaan oppilaiden esitietoja, motivaatiota ja oppimistuloksia.

Joissakin tutkimuksissa valmistellaan myös itse tutkijoiden toimesta erillinen opetuspaketti, jota edellä mainituin menetelmin testataan (Basso ym., 2018; Maxwell ym., 2005; Kelly ja Finlayson, 2007). Vastaavia opetuspaketteja valmisteltiin myös tässä tutkimuksessa kaksi kappaletta, yksi molempia tutkittavia opetusmenetelmiä varten.

Tutkimuksissa käsiteltävä kemian oppiaineen aihe vaihtelee paljon, mutta niiden tutkimuskohteet ovat usein samat: kemian oppimissaavutukset ja kemiaan asennoituminen (Basso ym., 2018; Maxwell ym., 2005; Dobbs, 2008; Üce ja Ateş, 2016; Çelik, ym., 2012; Özeken ja Yildirim, 2011; Tüysüz, ym., 2010; Urek ja Acar, 2008; Kelly ja Finlayson, 2007). Tässäkin tutkimuksessa tarkasteltiin pääasiassa näitä kahta kokonaisuutta. Samalla pyrittiin kuitenkin myös käsittelemään ongelmaperustaisuutta opettajien näkökulmasta ja ottamaan huomioon muita ongelmaperustaisuuden erikoispiirteitä, sillä ongelmaperustaisuutta ei haluttu tutkia kapeasti vain oppimissaavutusten ja asennoitumisen näkökulmasta.

Oppimissaavutuksiin ja asennoitumiseen liittyvät tutkimustulokset viestivät tutkimuksissa yleensä puolestaan ongelmaperustaisen opetusmenetelmän ylivertaisuudesta suhteessa

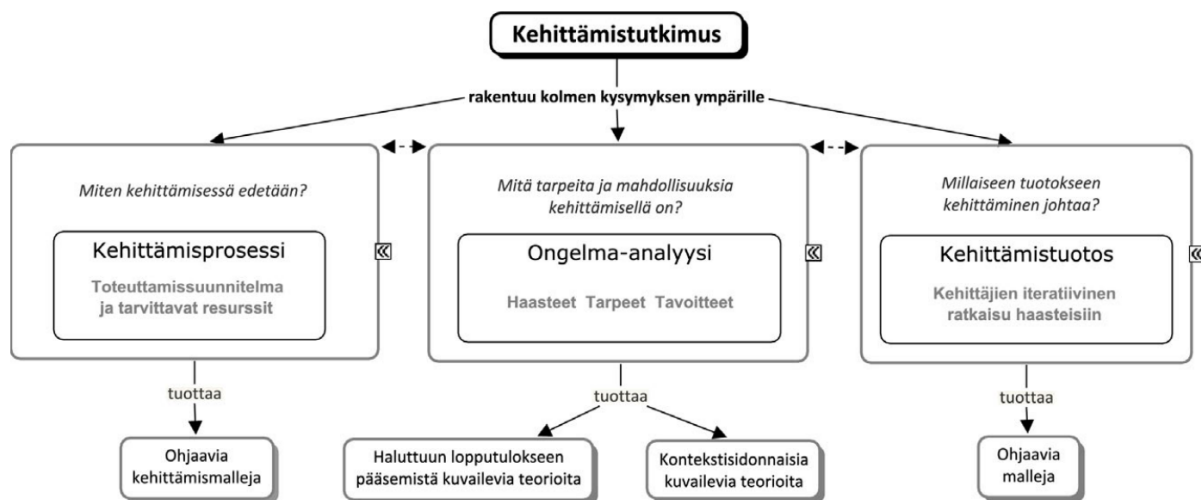
perinteisiin opetusmenetelmiin (Basso ym., 2018; Üce ja Ateş, 2016; Çelik, ym., 2012; Özeken ja Yildirim, 2011; Tüysüz, ym., 2010; Urek ja Acar, 2008; Kelly ja Finlayson, 2007). Jonkin verran esiintyy kuitenkin myös tutkimustuloksia molempien opetusmenetelmien tasavertaisuudesta ja hyvin pienistä eroista opetusmenetelmien vaikutusten välillä (Maxwell ym., 2005; Dobbs, 2008). Ongelmaperustainen opetusmenetelmä nähdään tutkimuksissa kuitenkin yleensä positiivisempana kuin perinteiset opetusmenetelmät. Tässä tutkimuksessa tutkimustulokset eivät yhtyneet perinteiseen trendiin, vaan ongelmaperustaisen ja opettajajohtoisen opetusmenetelmän suhde näyttäytyi monimutkaisena ja haastavana tulkitta. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä vaikutti tietyiltä ominaisuuksiltaan paremmalta kuin opettajajohtoinen opetusmenetelmä, mutta sama päti myös toisin päin.

8 Kehittämistutkimus

Kehitystutkimuksella on Pernaan (2011) mukaan tarkoitus kehittää käsiteltävää tieteenalaa, kuten pedagogiaa, siten, että sen käytännön hyödyntäminen helpottuu tai paranee. Kehittämistutkimus rakentuu tutkimustiedon ja sen pohjalta tapahtuvan arvioinnin varaan, ja uuden luominen eli kehittäminen tapahtuu kokeiluista empiirisesti kerätyn datan perusteella. Kehittämistutkimus eteneekin Pernaan (2011) mukaan syklisissä vaiheissa, joissa teoreettista vaihetta seuraa kokeellinen vaihe, ja kokeellista vaihetta seuraa jälleen teoreettinen vaihe, jne. Tutkimusmenetelmänä kehittämistutkimus on nuori ja sitä on alettu Pernaan (2011) mukaan hyödyntää vasta 1990-luvun loppupuolella. Se syntyi alun perin kiinnostuksesta ja tarpeesta uusiin sekä moderneihin opetusmenetelmiin ja -ympäristöihin.

Kehittämistutkimuksella on Edelsonin (2002) mukaan kolme ydinvaihetta tai -aluetta (kuva 7): kehittämisprosessi ja miten siinä edetään; ongelma-analyysi siitä, millaisia tarpeita ja mahdollisuuksia kehittämisellä on; ja aiempaa tietoa laajentava kehittämisuotos. Perna (2011) erottelee väitöskirjassaan ydinalueiden sisällöt ja vaiheet. Kehittämisprosessissa tehdään kehittämisspäätöksiä tutkimuksen suunnittelun, valmistelun ja toteuttamisen suhteen, ja valitaan tutkimukseen mukaan otettavia henkilöitä ja tahoja. Näiden päätösten seurauksena selviää mitä vaiheita tutkimukseen tulee kuulumaan, mikä vuorostaan auttaa ohjaamaan tutkimuksen etenemistä ja keskittymään tutkimuksen oleellisiin kohteisiin tehokkaasti ja oikea-aikaisesti. Ongelma-analyysissä tunnistetaan tutkimuksen haasteet, tarpeet sekä tavoitteet, ja tuotetaan tutkittavaan asiayhteyteen liittyvää teoreettista viitekehystä. Kehittämisuotoksessa esitetään ratkaisut ongelma-analyysissä esille nousseisiin haasteisiin ja tarpeisiin. Sen yhteydessä esitetään myös tutkimuksen mahdolliset jatkotutkimusideat ja muut tunnistetut, mutta vielä hyödyntämättömät potentiaalit. Kehittämisuotoksen luonne on dynaaminen ja muuttuu aina uutta merkityksellistä tietoa kohdattaessa läpi tutkimuksen. Kehittämisuotoksessa tuotetaan

käytännössä hyödynnettäviä malleja, jotka edistävät aiempaa toimintaa jossakin suhteessa. Pedagogiassa nämä mallit voivat olla vaikkapa opetuspaketteja tiettyjen ilmiöiden opettamiseksi tietyllä opetusmenetelmällä tietylle kohderyhmälle, kuten tässä tutkielmassa spektroskopian opettaminen ongelmaperustaisesti lukiolaisille.



Kuva 7. Kehittämistutkimuksen 3 ydinaluetta (Edelson, 2002).

Pernaan (2011) mukaan kehittämistutkimuksen käytännön toteutus eroaa kvantitatiivisesta tutkimuksesta erityisesti tutkittavien muuttujien määrän suhteen. Siinä, missä kvantitatiivinen tutkimus pyrkii kontrolloimaan tutkimustilannetta vahvasti ja tarkastelemaan vain yksittäisiä muuttujia, kehittämistutkimuksessa ilmiötä halutaan tarkastella niiden todellisissa ympäristöissä. Tämä tarkoittaa sitä, ettei tilanteen häiritseviä tekijöitä pyritä tai edes haluta kontrolloida, ja mitattavia muuttujia on huomattavasti enemmän. Tällöin itse tarkasteltavan ilmiön lisäksi oleellisiksi tekijöiksi voivat muodostua esimerkiksi otosryhmän henkilöiden erilaiset ominaisuudet ja eroavuudet; ympäristö, jossa ilmiötä tutkitaan; tilanteen sosiaalinen ilmiasu ja sen vuorovaikutukset; tai muut paljon täsmällisemmätkin tekijät. Tämän vuoksi kehittämistutkimus tuottaa toisaalta hyvää ja täsmällistä dataa tutkimuskohteesta, mutta toisaalta tällainen laadullinen informaatio ei välttämättä ole yleistettävissä koko perusjoukkoon. Tämän vuoksi kehittämistutkimusten kehittämistuotosten hyödyntäminen ja yleistäminen suuremmalla tasolla voivat osoittautua toisinaan haastaviksi. Yksittäisten tilanteiden tai ilmiöiden käsittelemisessä kehittämistutkimuksen avulla tuotetut mallit ovat puolestaan osuvia, sillä ne ovat alun perinkin kehitetty sovellettavaksi yksittäisiin tilanteisiin, niiden yksilöllisten kriteerien mukaisesti. Mitä täsmällisempi tarve siis on, sitä paremmin kehittämistutkimuksen kehitystuotoksien mallit pystyvät siihen vastaamaan. Jos esimerkiksi opetuksessa tarvittaisiin toimiva opetusmenetelmä oppilaiden opettamiseksi, kehittämistutkimus ei välttämättä pystyisi vastaamaan tähän tarpeeseen yhtä hyvin kuin kvantitatiivinen tutkimus, sillä tarpeen luonne on

hyvin yleinen (kaikki opettaminen) ja sen kohderyhmä on laaja (kaikki oppilaat). Kehittämistutkimus toimii sen sijaan paljon paremmin, jos vaikkapa Suomen biologian opetuksessa tarvittaisiin toimiva opetusmenetelmä mitoosin ja meioosin opettamiseksi yhdeksännen luokan oppilaille. Tällaisessa tilanteessa tarve on hyvin spesifi (biologian oppiaine, mitoosin ja meioosin opettaminen) ja kohderyhmä on sekä iän että alueen osalta täsmennetty (9-luokka, Suomi).

KOKEELLINEN OSA

9 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Tutkimuksessa pyrittiin vastaamaan kolmeen tutkimuskysymykseen ja selvittämään pitivätkö tutkijan tutkimuskysymyksiin liittyvät hypoteesit paikkansa:

1. Ovatko lukiolaisten muistiin tallentuneet spektroskopian oppimistulokset parempia ongelmaperustaisen oppimisen avulla opittuina vai opettajajohtoisesti opetettuina?

Hypoteesi: Oppilaiden lyhytkestoiseen muistiin tallentuneet spektroskopian oppimistulokset ovat yhtä hyviä tai parempia opettajajohtoisesti opetettuina kuin ongelmaperustaisesti opittuina, kun taas pitkäkestoiseen muistiin tallentuneet oppimistulokset ovat yhtä hyviä tai parempia ongelmaperustaisesti opittuina.

2. Parantaako spektroskopian oppiminen ongelmaperustaisesti lukiolaisten oppimismotivaatiota enemmän kuin sen opettaminen opettajajohtoisesti?

Hypoteesi: Ongelmaperustainen opetusmenetelmä johtaa parempaan oppimismotivaatioon, sillä oppilaat kokevat sen kiinnostavampana ja aktivoivampana tapana oppia spektroskopiaa kuin opettajajohtoisesta opetuksesta.

3. Mitä hyötyjä ja haasteita ongelmaperustaisesta oppimisesta on suhteessa opettajajohtoiseen opetukseen spektroskopian aiheessa?

Hypoteesi: Ongelmaperustaiset tapaukset ovat työläitä kehittää, eikä valmiita ongelmia tai pohjia ole yleisessä jaossa juuri tarjolla. Tämä vaatii opettajalta uusia opetuksen ohjaamisen taitoja ja pakottaa hänet astumaan ulos omalta osaamis- ja mukavuusalueeltaan. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä kuitenkin aktivoi oppilaita toimimaan itsenäisesti ja ryhmissä, etsimään ja arvioimaan tietoa kriittisesti, tekemään itsenäisiä johtopäätöksiä sekä ratkaisemaan ongelmia.

10 Tutkimuksen toteutus

Tässä työssä tutkittiin ongelmaperustaisen opetusmenetelmän vaikutusmahdollisuuksia lukion kemian oppiaineen spektroskopian aiheessa. Tutkimuksessa ongelmaperustaista opetusmenetelmää verrattiin opettajajohtoiseen opetusmenetelmään. Opetettavasta aiheesta valmisteltiin molemmille opetusmenetelmille omat niitä mahdollisimman hyvin palvelevat opetuspaketit, joita hyödynnettiin käytännön opetuksessa. Opetettavan aiheen opetus kesti molemmilla opetusmenetelmillä yhden täysimittaisen lukio-oppitunnin verran eli 75 minuuttia. Opetusmenetelmien eroja arvioitiin molemmille opetusmenetelmille yhtäläisellä ja oppituntia edeltävällä alkukyselyllä, jolla kartoitettiin ryhmien mahdollisia eroavuuksia ja pyrittiin kontrolloimaan tutkimuksen pätevyyteen vaikuttavia muuttujia. Oppitunnin jälkeen molemmille ryhmille pidettiin loppukyselyt, joilla kartoitettiin sekä oppilaiden saavuttamat

oppimistulokset aiheessa että heidän mielipiteensä käytetystä opetusmenetelmästä. Lopuksi molemmille ryhmille valmisteltiin spektroskopian aiheesta yhtäläinen tehtävä, jonka vastausten pisteytyksen perusteella oppilaiden osaamista tehtävässä analysoitiin.

10.1 Tutkimusryhmät ja opetuksesta vastaavat tahot

Tutkimukseen valittiin kaksi saman lukion kemian KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssia suorittavaa oppilasryhmää. Toinen ryhmistä koostui viidestätoista oppilaasta ja toinen kolmestatoista oppilaasta. Ryhmät asetettiin satunnaisesti tutkimuksen kokeilu- ja kontrolliryhmiksi niin, että suuremmasta ryhmästä tuli kokeiluryhmä ja pienemmästä kontrolliryhmä. Kokeiluryhmä sai opetusta ongelmaperustaisen opetusmenetelmän mukaisesti ja kontrolliryhmä opettajajohtoisen opetusmenetelmän mukaisesti.

Vastuuopettaja löydettiin kyselemällä mieltymystä osallistua tutkimukseen tutuilta lukion kemian opetuksesta vastuussa olevilta tahoilta. Alun perin tarkoituksena oli hyödyntää vain valittua opettajaa tutkimusryhmien opettamisessa, jotta eri opettajien eroavuudet eivät vaikuttaisi häiritsevästi työn tutkimustuloksiin. Tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista, sillä kyseisellä opettajalla ei ollut kahta KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssin ryhmää vastuullaan. Koulusta löytyi kuitenkin toinen opettaja, joka osallistui tutkimukseen toisen tutkimusryhmän vastuuopettajana.

10.2 Tutkimuksen välineet

10.2.1 Kyselyt

Molemmille työn tutkimusryhmille valmisteltiin sekä alku- että loppukysely. Kaikki tutkimuksessa luodut kyselyt tehtiin ja kyselyihin annetut vastaukset kerättiin hyödyntämällä sähköistä Webropol -kysely- ja raportointijärjestelmää. Kyselyjen vastaukset kerättiin aina anonymisti niin, ettei yhtäkään vastausta voitu yhdistää vastausta antaneeseen henkilöön.

Alkukysely oli molemmille tutkimusryhmille yhtäläinen. Sillä selvitettiin tutkimusryhmien kemian oppiaineen lähtötasojen ja oppimismotivaatioiden mahdollisia eroavuuksia tutkimukseen tullessa, ja pyrittiin siten kontrolloimaan ryhmien välisiä tutkimustuloksiin vaikuttavia ja niitä mahdollisesti häiritseviä muuttujia. Alkukysely koostui yhteensä 15 kysymyksestä tai väittämästä, joista kuusi ensimmäistä (liite 1) selvittivät vastaajan kokemusta, kyvykkyyttä ja kiinnostusta kemian oppiaineesta. Alkukyselyn viimeiset yhdeksän kysymystä (liite 1) testasivat vastaajan spektroskopian aiheessa tarvittavia orgaanisen kemian perustietoja. Suurin osa kysymyksistä oli monivalintakysymyksiä, joista osaan oli vain yksi oikea ratkaisu ja osaan useampi kuin yksi. Monivalintakysymyksissä vastausvaihtoehtoja oli vaihtelevasti viidestä seitsemään. Pieni osa kysymyksistä oli myös kyllä/ei -kysymyksiä.

Loppukysely oli tutkimusryhmien välillä osittain yhtäläinen, mutta osittain myös erilainen. Loppukyselyillä selvitettiin tutkimusryhmien oppitunneilla saavuttamia oppimistuloksia, opetusmenetelmien eroja niiden tuottamisessa ja heidän mielipiteitään käytetystä opetusmenetelmästä. Koeryhmän loppukysely koostui yhteensä seitsemästätoista kysymyksestä tai väittämästä, joista kahdeksan ensimmäisen (liite 2) avulla testattiin vastaajan hallintaa spektroskopian aiheessa. Näiden kahdeksan ensimmäisen kysymyksen sisällä kohdat 1–4 testasivat vielä tarkemmin massaspektrometrian osaamista ja 5–8 IR-spektrometrian osaamista. Loppukyselyn viimeiset yhdeksän kysymystä (liite 2) selvittivät vastaajan kokemusta oppitunnista ja oppitunnilla käytetystä ongelmaperustaisesta opetusmenetelmästä sekä itse ongelmasta. Kontrolliryhmän loppukysely koostui vuorostaan yhteensä 13 kysymyksestä tai väittämästä, joista kahdeksan ensimmäisen (liite 3) avulla testattiin vastaajan hallintaa spektroskopian aiheessa samalla tavalla kuin kokeiluryhmälläkin. Kontrolliryhmän loppukyselyn viimeiset viisi kysymystä (liite 3) sen sijaan selvittivät vastaajan kokemusta oppitunnista ja oppitunnilla käytetystä opettajajohtoisesta opetusmenetelmästä.

10.2.2 Opetuspaketit

Opetuspaketteja valmisteltiin kaksi: ongelmaperustaisen oppitunnin opetuspaketti ja opettajajohtoisien oppitunnin opetuspaketti. Molempien opetuspakettien oppimistavoitteina oli rakennetutkimuksen merkityksen ymmärtäminen, massa- ja IR-spektrometrian perusteiden – kuten spektrometrien toimintaperiaatteiden – osaaminen ja kyseisten menetelmien spektrien tulkinnan – kuten yhdisteen moolimassan ja funktionaalisten ryhmien päättämisen – hallitseminen. Ongelmaperustaisessa opetuspaketissa yhtenä oppimistavoitteena oli lisäksi tieteellisen tiedon etsimisen, suodattamisen ja analysoinnin taitojen sekä ongelmanratkaisutaitojen harjaannuttaminen.

Ongelmaperustaista opetuspakettia hyödynnettiin kokeiluryhmän opetuksessa. Se koostui laaditusta ongelmasta, joka esitettiin YouTube -palveluun tallennettuna videona (Enäkoski, 2020); opettajalle valmistellusta oppituntisuunnitelmasta (liite 5); oppilaille valmistellusta tehtävämonisteesta (liite 6); ja oppitunnilla mysteerin yhteydessä hyödynnettävästä materiaalista (liitteet 7 ja 8). Kokeiluoppitunnin rakenne oli lyhyesti seuraava:

- Opetettavan ryhmän ohjeistaminen
- Pienryhmien muodostaminen
- Tehtävänannon katsominen (YouTube -video)
- Pienryhmätyöskentely
- Ratkaisujen esittäminen

- Jatkotehtävät (jos ryhmä on nopea)
- Seuraavan oppitunnin alussa ongelman yhteinen läpikäyminen sekä opitun asian kertaus

Opettajajohtoista opetuspakettia hyödynnettiin kontrolliryhmän opetuksessa. Se koostui opettajalle valmistellusta oppituntisuunnitelmasta (liite 9), jossa kyseisen opettajajohtoisen oppitunnin rakenne määriteltiin. Kontrollioppitunnin rakenne oli lyhyesti seuraava:

- Rakennetutkimuksen pariin johdattelu tuntemattoman nestemäisen aineen demonstraatiolla ja kyselevällä opetuksella
- Massaspektrometrian teoria luennoimalla ja kyselevällä opetuksella
- IR-spektrometrian teoria luennoimalla ja kyselevällä opetuksella
- Oppitunnin aiheeseen liittyvien oppikirjatehtävien tekeminen, joista loput kotiläksyksi
- Seuraavan oppitunnin alussa tehtävien tarkastus sekä opitun asian kertaus

10.2.3 Koetehtävä

Tutkimusryhmien KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssin lopulla pidettyyn kurssikokeeseen valmisteltiin ryhmien kesken yhtäläinen kurssikoetehtävä spektroskopian aiheesta (liite 4). Sen avulla selvitettiin käytetyn opetusmenetelmän tehokkuutta oppitunnilla kohdatun tiedon painamisessa pitkäkestoiseen muistiin. Koetehtävä koostui a-, b-, c- ja d-osioista, joista jokainen testasi vastaajan osaamisen eri osa-alueita. Tehtävän a- ja b- osiot olivat tehtävän helpoimmiksi arvioidut kohdat, testaten vastaavasti massa- ja IR-spektrin tulkinnan perustaitoja. Tehtävän c-osio oli haastavammaksi arvioitu, sillä sen ratkaiseminen vaati sekä massa- että IR-spektrin tulkinnan taitojen yhdistämistä. Tehtävän d-osio oli selkeästi haastavimmaksi arvioitu, sillä siinä vastaajan tuli hyödyntää spektrien tulkinnan taitojen lisäksi aikaisempia kemiallisia tietojaan ja taitojaan, kuten rakennekaavojen piirtämistä, kemiallisen sitoutumisen huomioimista ja IUPAC:n mukaista aineiden nimeämistä.

Itse koetehtävän lisäksi KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssien vastuupettajille laadittiin selkeät ratkaisumallit ja pisteytysohjeet (liite 4). Jokainen tehtävän a–d osioista määriteltiin pisteytyksessä yhtä arvokkaiksi niin, että riippumatta siitä, minkä pistemaksimin vastuupettajat tehtävälle määrittivät, tehtävän osioiden pisteytys säilyi keskenään yhtäläisenä, skaalautuen maksimipistemäärän mukaisesti. Kokeiluryhmän vastuupettaja määräsi tehtävälle pistemaksimiksi 8 pistettä (p), jolloin tehtävän yksittäisten osioiden arvoksi tuli 2 p. Kokeiluryhmän vastuupettaja vuorostaan määräsi tehtävälle pistemaksimiksi 6 p, jolloin jokaisen osion arvoksi tuli 1,5 p. Tutkimusryhmien opetuksesta vastaavat opettajat vastasivat tehtävien ja sen osioiden pisteyttämisestä, kurssikokeen muiden tehtävien ohessa.

10.3 Tutkimusmenetelmät

10.3.1 Kehittämistutkimus

Kehittämistutkimusta ja sen periaatteita hyödynnettiin opetuspakettien ja niiden sisältöjen – kuten YouTube -videon – työstämisessä, mutta myös kyselyiden ja koetehtävän laatimisessa. Kohderyhmien tarpeiden huomioiminen kaiken materiaalin luomisessa oli tutkimuksen suunnittelutyössä jatkuvasti tärkeässä asemassa. Esimerkiksi kokeiluryhmän työohjeet kohdistettiin kouluikäisille lukiolaisille ja pelkistettiin sisältämään vain oleellisen informaation mahdollisimman tiiviissä muodossa, tiedon löytämisen helppouden vuoksi. Kokeiluryhmän oppituntisuunnitelma puolestaan kohdistettiin opettajille ja esitettiin sekä laajasti että yksityiskohtaisesti, jotta se palvelisi paremmin heidän opetustaan. Kehittämistutkimuksen teoriaa on esitetty tarkemmin luvussa 8.

10.3.2 Kyselytutkimus

Roopan ja Ranin (2012) mukaan kyselytutkimus on tehokas keino hankkia kvantitatiivista tutkimusdataa. Se myös mahdollistaa eheän ja yhtenevän datan hankkimisen, sillä kyselytutkimusta varten valmisteltava kyselylomake esiintyy jokaiselle siihen vastaavalle taholle aina samalla tavalla: tasapuolisesti ja standardoidusti. Kyselytutkimus on lisäksi helppo toteuttaa suurillekin tutkimuskohderyhmille, eikä se välttämättä vaadi tutkijan ja tutkimusryhmän jäsenten kanssakäymistä tai edes kohtaamista. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa kyselyt järjestettiin sähköisessä muodossa, eikä tutkija koskaan tavannut kohderyhmäänsä henkilökohtaisesti. Tutkimuksessa kyselytutkimusta hyödynnettiin kaiken kaikkiaan luomaan alku- ja loppukyselyt, joiden avulla tutkimuksen pääasiallinen kvantitatiivinen data kerättiin ja jatkokäsiteltiin myöhemmin hyödyntämällä sisällönanalyysia ja tilastollista analyysia.

10.3.3 Sisällönanalyysi

Sisällön analyysia voidaan Stemlerin (2015) mukaan hyödyntää sellaisen tiedon käsittelyssä, joka on esitetty joko kirjoitetussa, visuaalisessa tai auditiivisessa muodossa. Sitä hyödynnetään kuitenkin eniten kirjoitetun tiedon analysointiin, kuten tässäkin tutkimuksessa tehtiin. Luonteeltaan sisällönanalyysi on laadullinen tutkimusmenetelmä, minkä vuoksi eri tutkijoiden lähestymistavat samaan aineistoon usein poikkeavat ja tuottavat toisistaan erilaisia tutkimustuloksia ja siten johtopäätöksiä. Tuomen ja Sarajärven (2009) mukaan aineistolähtöisessä sisällönanalyysissa lähdetään liikkeelle aineiston pelkistämisestä eli redusoinnista, jonka jälkeen aineisto ryhmitellään eli klusteroidaan. Seuraavaksi tutkittavalle ilmiölle luodaan teoreettiset käsitteet aineistolähtöisesti eli abstrahoidaan. Näiden kolmen

vaiheen tukemana aineiston sisältö pyritään kokonaisuudessaan erittelemään ymmärrettävässä, mutta samalla tiiviissä muodossa.

Tässä tutkimuksessa sisällönanalyysia hyödynnettiin käsittelemään alku- ja loppukyselyiden avointen vastausten sekä tutkimusoppituntien vastuuopettajien viestien ja oppitunteihin liittyvien kommenttien kirjoitettua sisältöä. Käsittelyn perusteella johdettiin tutkimustuloksia ja niiden analysoinnin perusteella edelleen johtopäätöksiä.

10.3.4 Tilastollinen analyysi

Mellinin (2006) mukaan tilastollista analyysia voidaan hyödyntää tiedon analysoinnissa ja jalostuksessa kaiken kvantitatiivisen tiedon käsittelyssä. Sen tarkoituksena on muuttaa numeerinen tieto sellaiseen muotoon, että dataa koskevan oikean maailman ilmiön luonteesta voidaan tehdä johtopäätöksiä ja siten löytää datalle lisäarvoa.

Tilastollista analyysia hyödynnettiin alku- ja loppukyselyiden sekä koetehtävistä kerätyn kvantitatiivisen datan käsittelyssä. Käsittely tapahtui hyödyntämällä Excel -taulukko-ohjelmaa ja sen sisään rakennettuja tilastollisia työkaluja. Näiden välineiden avulla kvantitatiivinen tieto johdettiin aluksi numeeriseen muotoon, joka jatkojalostettiin ensin frekvensseiksi, sitten keskiarvoiksi ja keskihajonnoiksi. Näitä tietoja ja tuloksia hyödynnettiin lopulta mm. tutkimuksen johtopäätösten teossa.

10.4 Käytännön toteutuksen eteneminen

Tutkimus tehtiin yhdessä suomalaisessa lukiossa, joka valittiin tutkimukseen mukaan lähteneiden opettajien työpaikan perusteella. Lukion sisällä valittiin vielä satunnaisesti kaksi sillä hetkellä (kevät 2021) KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssia suorittavaa oppilasryhmää, joista tuli tutkimuksessa hyödynnetyt tutkimusryhmät. Tutkimusryhmiksi valittiin KE2 -kurssia suorittavia oppilasryhmiä sen vuoksi, että spektroskopian opetus tapahtuu pääsääntöisesti kyseisellä kurssilla. Ryhmien KE2 -kurssien opetus oli tiheää, tapahtuen kolme kertaa viikossa.

Varsinaista tutkimusoppituntia edeltävän oppitunnin päätteeksi molempien tutkimusryhmien oppilaat vastasivat itsenäisesti sähköiseen alkukyselyyn (liite 1), jolla oppilasryhmiltä kerättiin esitietoja liittyen heidän pätevyYTEensä orgaanisen kemian aiheessa ja mielipiteisiinsä sekä kokemuksiinsa kemian oppiaineesta.

Varsinainen tutkimus tapahtui alkukyselyä seuraavalla oppitunnilla ja se kesti molemmille tutkimusryhmistä yhden lukio-oppitunnin pituuden eli 75 minuutin verran. Tutkimusryhmät jaettiin tutkimusoppitunnilla kokeilu- (ongelmaperustainen) ja kontrolliryhmään

(opettajajohtoinen), joille sama aihe opetettiin eri opetusmenetelmin. Lukion KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssien vastuopettajat vastasivat ryhmien varsinaisesta opetuksesta hyödyntämällä heidän käyttämäänsä opetusmenetelmää varten suunniteltuja opetusmateriaaleja (liitteet 5–9). Kummallakin ryhmistä oli näin eri opettaja. Vastuopettajia informoitiin perusteellisesti, niin sähköpostitse kuin oppituntisuunnitelmien sisältämällä ohjeistuksellakin. Heidän kanssaan oltiin jatkuvassa yhteistyössä läpi tutkimuksen toteutuksen itse tutkimusoppitunteihin sekä niiltä kerättyyn tutkimusdataan liittyen.

Koronaviruspandemian vuoksi oppituntien järjestämisessä jouduttiin tekemään monia poikkeuksia. Erityisesti kokeiluryhmän ongelmaperustainen oppitunti suunniteltiin pidettäväksi kaikille oppilaille yhteisessä tilassa, kuten koululuokassa. Lukion lähiopetuksen ollessa kiellossa, pidettiin kyseinen oppitunti etäopetuksena, jolloin oppilaat joutuivat suorittamaan pienryhmätyöskentelyn verkkovälitteisesti. Oppitunnilta myöhässä olleet oppilaat joutuivat kaiken lisäksi toimimaan itsenäisesti ja selvittämään mysteeriä ilman omaa ryhmää. Nämä tekijät muuttivat alkuperäisesti kiinteässä yhteistyössä suoritettavan oppitunnin luonnetta perustavanlaatuisesti, eikä kokeiluryhmän oppitunti ollut enää verrastettavissa alkuperäisesti suunnitellun kanssa. Myös kontrolliryhmän opettajajohtoinen opetusmenetelmä jouduttiin pitämään etänä ja verkon välityksellä. Se oli kuitenkin helpommin sovellettavissa etätyöskentelyyn, eikä vaihdos juuri aiheuttanut muutoksia oppitunnin luonteeseen tai sen kulkuun.

Tutkimusoppituntien jälkeisen oppitunnin aluksi tutkimusryhmien oppilaat vastasivat itsenäisesti heidän käymäänsä oppituntia vastaavaan sähköiseen loppukyselyyn (liitteet 2–3), jolla kerättiin tietoa tutkimusoppitunnista.

Alku- ja loppukyselyiden avulla muodostettu tutkimusdata kerättiin ja tallennettiin Webropol -järjestelmän avulla anonymisti ja säilytettiin vain tutkijan omistamalla kiinteällä kovalevyllä salasanalla varustetun suojauksen takana.

Tutkimusryhmien käymien KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssien lopulla pidettävään kurssikokeeseen valmisteltiin koetehtävä (liite 4) tutkimusoppitunnilla käytyyn aiheeseen – spektroskopiaan – liittyen. Koetehtävä oli molemmille tutkimusryhmille identtinen. KE2 -kurssin vastuopettajat vastasivat koetehtävän korjaamisesta ja pisteyttämisestä, tätä varten laadittua pisteytys- ja arviointiohjeistusta (liite 4) hyödyntäen.

Koetehtävässä pärjäämisestä kerättiin dataa tutkimusryhmien oppilaiden ansaitsemien pisteiden perusteella. Data saatiin vastuopettajilta sähköpostivälitteisesti ja anonymisti. Se tallennettiin samalle kiintolevyllä alku- ja loppukyselyiden tutkimusdatan kanssa.

Alku- ja loppukyselyiden sekä kurssikoetehtävän kvantitatiivinen osuus datasta siirrettiin Excel -taulukko-ohjelmaan numeeriseen muotoon, jossa se sitten muutettiin prosentuaalisiksi frekvensseiksi. Alkukyselyssä oli kolme, kontrolliryhmän loppukyselyssä neljä ja kokeiluryhmän loppukyselyssä seitsemän Likert-asteikollista kysymystä, joiden vastausten välillä oli selkeä porrassväli. Sen ansiosta näiden tehtävien vastausvaihtoehdot voitiin selkeästi pisteyttää ja niiden avulla kerätyistä vastausjoukoista voitiin Excel -taulukko-ohjelman valmiiksi ohjelmoituja työkaluja hyödyntämällä laskea keskiarvot ja -hajonnat. Alku- ja loppukyselyiden kirjoitetun tiedon osuutta – kuten avointen kysymysten sisältöä – sekä vastuupettajien kommentteja tutkimusoppitunneista puolestaan analysoitiin laadullisesti ja sisällönanalyysia hyödyntämällä. Excel -taulukko-ohjelmaan kirjattua numeerista tietoa ja sisällönanalyysin kohteena ollutta kirjoitettua tietoa ei sellaisenaan sisällytetty osaksi tämän tutkimuksen liitetiedostoja tutkimusryhmän oppilaiden ja vastuupettajien anonymiteetin turvaamiseksi. Kaikki tutkimuksen tutkimuskysymysten ja niihin liittyvien hypoteesien toteutumisen kannalta oleellinen tutkimustieto on esitetty seuraavassa luvussa (11 Tulokset) sellaisessa muodossa, ettei tutkimuksessa mukana olleita tahoja voida yhdistää oikean maailman henkilöihin.

Käsitellystä ja jalostetusta tutkimustiedosta muodostuivat varsinaiset tutkimustulokset. Kokeilu- ja kontrolliryhmien tutkimustuloksia analysoimalla ja vertailemalla tehtiin havaintoja ja tulkintoja niiden samankaltaisuuksista, eroavuuksista ja muista ominaisuuksista. Näiden havaintojen ja tulkintojen merkityksiä ja syy-seuraussuhteita pohdittiin ja pyrittiin selittämään tutkimuksen teoreettiseen viitekehykseen tukeutuen. Muodostuneiden johtopäätöksen pohjalta arvioitiin lopuksi, miten hyvin tutkimuskysymyksiin vastaamaan laaditut hypoteesit toteutuivat tutkimuksessa ja mitä tutkimuksen tulokset oikeasti kertoivat suhteessa tutkimuskysymyksiin. Samalla arvioitiin tutkimuksen haasteita ja niihin vaikuttaneita tekijöitä sekä haasteiden vaikutusta itse tutkimuksen reliabiliudelle eli toistettavuudelle ja validiudelle eli pätevyydelle. Viimeiseksi johtopäätökset ja tutkimuksen aikana heränneet jatkotutkimusideat esitettiin vielä tiivistetyssä muodossa, koostaen tutkimuksesta oleellisimmin saatava anti ja hyöty.

11 Tulokset

11.1 Alkukyselyt

Tässä alaluvussa esitetyt tutkimustulokset perustuvat kaikki alkukyselyiden (liite 1) perusteella kerättyyn tutkimustietoon (taulukot 5–9). Alkukyselyn perusteella jokainen kokeiluryhmän jäsenistä oli suorittanut KE1 Kemiaa kaikkialla -kurssin, ennen tutkimusoppitunnille osallistumista ja yksi heistä oli jopa suorittanut KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa sekä KE3 Reaktiot ja energia -kurssit. Kontrolliryhmän jäsenistä kaikki paitsi yksi oli suorittanut

KE1 -kurssin ennen tutkimusoppituntia ja yksi heistä oli suorittanut myös KE2 -kurssin. Jokainen kokeiluryhmän (n = 15) ja kontrolliryhmän (n = 13) jäsenistä vastasi alkukyselyn jokaiseen kysymykseen.

Alkukyselyn perusteella kontrolliryhmä oli kokeiluryhmää pätevämpi, niin orgaanisessa kemiassa kuin kemian oppiaineessa ylipäänsä. Tämä näkyi sekä yläkoulun ja lukion arvosanoissa (taulukko 5) että ryhmien orgaanisen kemian perustietoja testaavien tehtävien vastauksissakin (taulukko 6). Kontrolliryhmän yläkoulun päättöarvosanojen keskiarvo oli vastaajien mukaan noin 0,27 kouluarvosanayksikköä suurempi kuin kokeiluryhmällä. KE1 Kemiaa kaikkialla -kurssin kohdalla ero oli jopa 0,57 kouluarvosanayksikköä kontrolliryhmän eduksi.

Taulukko 5. Tutkimusryhmien yläkoulun päättöarvosanojen ja lukion KE1 Kemiaa kaikkialla -kurssin arvosanojen keskiarvot.

Arvosana	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä	Erotus
Yläkoulu	8,73	9,00	-0,27
Lukio KE1	7,93	8,50	-0,57

Kontrolliryhmän oikeiden vastausten suhteellinen osuus alkukyselyn tehtävissä (taulukko 6) oli kokeiluryhmää parempi kaikissa paitsi tehtävissä 9 ja 12, joissa niissäkin ryhmien ero oli hyvin pieni. Tehtävissä 7, 8, 10, 11, 13, (14 ja 15) kontrolliryhmä pärjäsikin kokeiluryhmää paremmin. Tämä ryhmien välinen ero kontrolliryhmän eduksi korostui erityisesti tehtävässä 8, joka testasi orgaanisen kemian ja erityisesti massaspektrometrian kannalta yhtä tärkeimmistä taidoista: moolimassan laskemista suhteellisten atomimassojen avulla. Muissa tehtävissä erot ryhmien välillä olivat huomattavasti pienempiä, mutta kontrolliryhmän paremmasta kemian osaamisesta viestivä trendi oli selkeästi havaittavissa läpi tehtävien. Tehtävät 14 ja 15 osoittautuivat todella haastaviksi analysoida, sillä niissä oli mahdollisuus valita useampi vastaus. Tässä anonyymissä kyselyssä tämä tuotti näihin kysymyksiin enemmän vastauksia kuin niihin oli vastaajia. Vastaajien vastauksia ei voitu myöskään eritellä, eikä oikeiden vastausten määrää voitu siksi selvittää. Tästä johtuen kysymyksistä 14 ja 15 kerätty tutkimusdata jätettiin huomiotta.

Taulukko 6. Tutkimusryhmien oikeiden vastausten suhteelliset osuudet alkukyselyn tehtäväosuudessa (kysymykset 7–15).

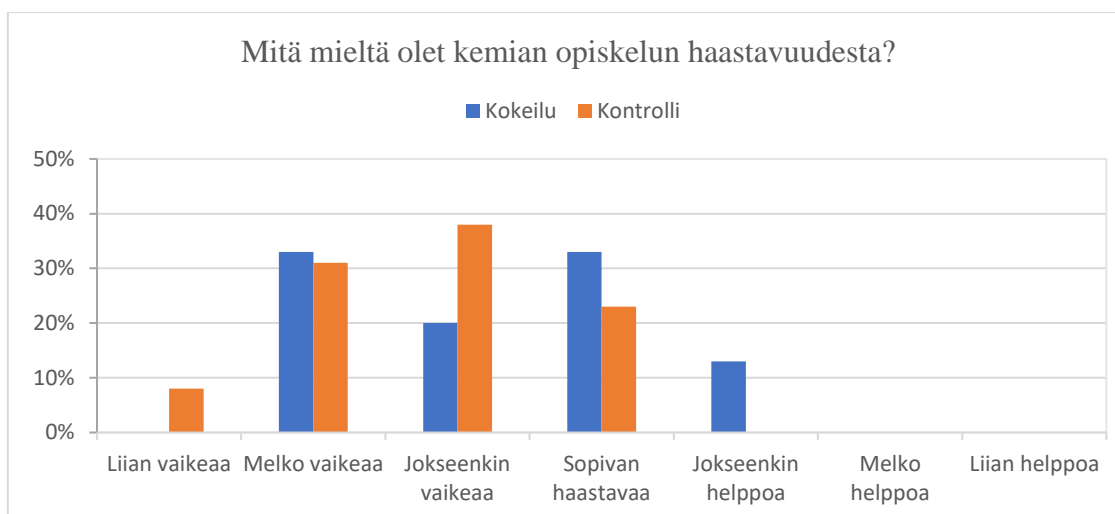
Kysymys	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä	Erotus
7	80 %	85 %	-5 %
8	40 %	62 %	-22 %
9	47 %	46 %	+1 %
10	80 %	85 %	-5 %
11	87 %	92 %	-5 %
12	100 %	92 %	+8 %
13	67 %	69 %	-2 %

Paremmasta pärjäämisestään huolimatta kontrolliryhmän jäsenet kokivat kemian oppiaineen vaikeammaksi kuin kokeiluryhmän jäsenet, jota myös heidän vastaustensa 0,50 yksikköä korkeampi keskiarvo kuvastaa (taulukko 7 ja kuva 8). Kontrolliryhmästä yllättävän pieni osa koki kemian oppiaineen sopivan haastavaksi ja loput heistä kokivat sen vähintään vaikeaksi. Suurempi osa kokeiluryhmästä puolestaan koki kemian oppiaineen sopivan haastavaksi. Heistä huomattavasti harvempi koki sen vaikeaksi, eikä yksikään liian vaikeaksi. Osa heistä koki kemian jopa jokseenkin helpoksi.

Taulukko 7. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen kemian oppiaineen haastavuudesta.

Mitä mieltä olet kemian opiskelun haastavuudesta?	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä
1 = Liian vaikeaa	0 %	8 %
2 = Melko vaikeaa	33 %	31 %
3 = Jokseenkin vaikeaa	20 %	38 %
4 = Sopivan haastavaa	33 %	23 %
5 = Jokseenkin helppoa	13 %	0 %
6 = Melko helppoa	0 %	0 %
7 = Liian helppoa	0 %	0 %

Keskiarvo	3,27	2,77
Keskihajonta	1,10	0,93



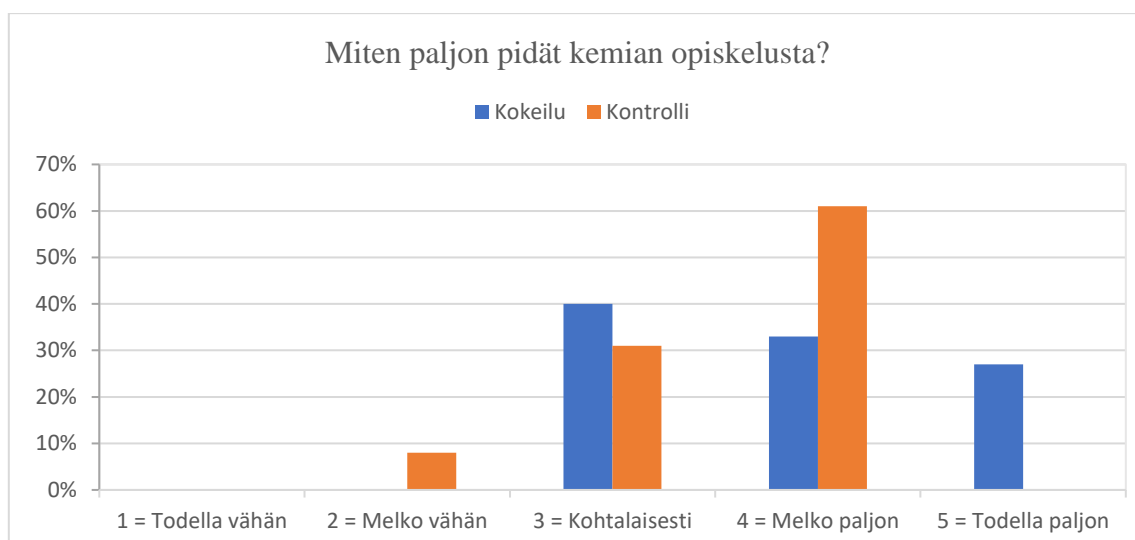
Kuva 8. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen kemian oppiaineen haastavuudesta.

Molemmat tutkimusryhmistä pitivät kemian opiskelusta paljon (taulukko 8 ja kuva 9). Kokeiluryhmän asenne sitä kohtaan oli kuitenkin hieman (keskiarvot 3,87 vs. 3,54; erotus 0,33) positiivisempi. Suuri osa kokeiluryhmästä piti kemian opiskelusta kohtalaisesti ja kaikki loput melko paljon tai paljon. Myös suuri osa kontrolliryhmästä piti kemian opiskelusta kohtalaisesti. Heistä myös ylivoimaisesti eniten piti siitä melko paljon. Yksikään heistä ei kuitenkaan pitänyt kemian opiskelusta todella paljon, ja osa heistä piti siitä jopa melko vähän.

Taulukko 8. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen kemian opiskelun mielekkyydestä.

Miten paljon pidät kemian opiskelusta?	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä
1 = Todella vähän	0 %	0 %
2 = Melko vähän	0 %	8 %
3 = Kohtalaisesti	40 %	31 %
4 = Melko paljon	33 %	61 %
5 = Todella paljon	27 %	0 %

Keskiarvo	3,87	3,54
Keskihajonta	0,87	0,66



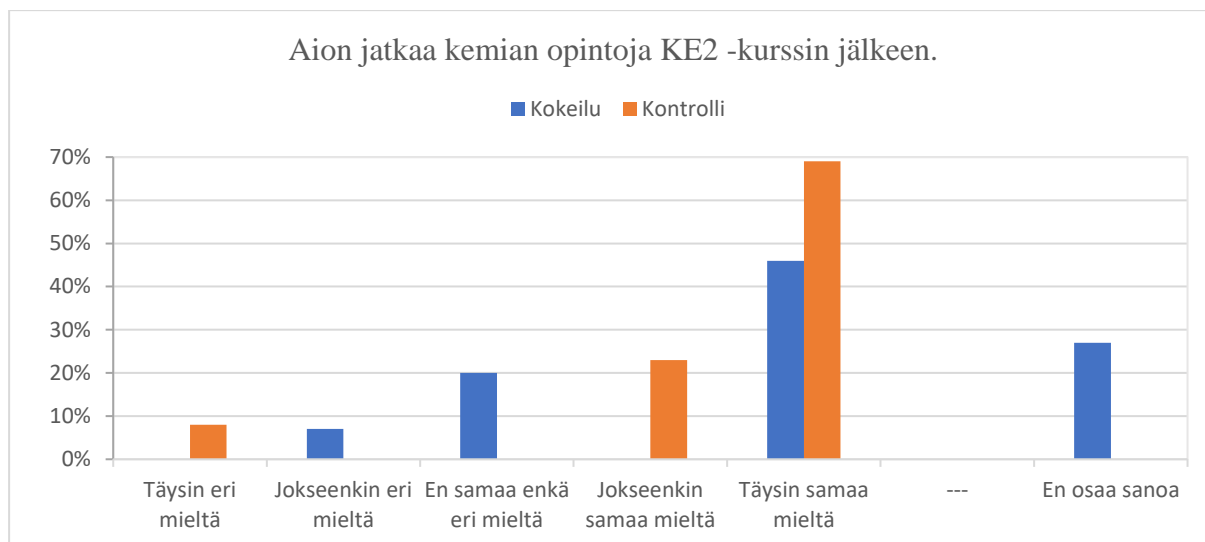
Kuva 9. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen kemian opiskelun mielekkyydestä.

Vastausten perusteella ylivoimaisesti suuremmalla osalla kontrolliryhmästä oli aikomuksia jatkaa kemian valinnaisia opintoja lukiossa kuin kokeiluryhmällä (taulukko 9 ja kuva 10). Yli 2/3 kontrolliryhmästä olivat täysin varmoja siitä, että aikovat jatkaa kemian opintojaan ja lähes kaikki loput olivat melko varmoja jatkamisestaan. Vain yksi henkilö koki, ettei aio jatkaa kemian opintojaan. Kokeiluryhmästä puolestaan alle puolet olivat varmoja jatkostaan, ja loput eivät joko olleet tehneet päätöstään tai eivät olleet vielä aivan varmoja siitä, mitä aikovat tehdä kemian opiskelun suhteen. Kaiken kaikkiaan kontrolliryhmän jäsenien keskiarvo aikomuksessa jatkaa kemian opiskelua oli 0,28 yksikköä kokeiluryhmää suurempi.

Taulukko 9. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen aikomuksista jatkaa kemian opiskelua KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssin jälkeen.

Aion jatkaa kemian opintoja KE2 -kurssin jälkeen.	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä
1 = Täysin eri mieltä	0 %	8 %
2 = Jokseenkin eri mieltä	7 %	0 %
3 = En samaa enkä eri mieltä	20 %	0 %
4 = Jokseenkin samaa mieltä	0 %	23 %
5 = Täysin samaa mieltä	46 %	69 %
En osaa sanoa	27 %	0 %

Keskiarvo	4,18	4,46
Keskihajonta	1,17	1,13



Kuva 10. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen aikomuksista jatkaa kemian opiskelua KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssin jälkeen.

11.2 Loppukyselyt

Tässä alaluvussa esitetyt tutkimustulokset perustuvat kaikki loppukyselyiden (liitteet 2 ja 3) perusteella kerättyyn tutkimustietoon (taulukot 10–18). Lähes jokainen kokeiluryhmän (13/15) ja kontrolliryhmän (11/13) jäsenistä vastasi loppukyselyn jokaiseen kysymykseen.

Tutkimusryhmät pärjäsivät loppukyselyn oppimista testaavissa tehtävissä keskimääräisesti yhtä hyvin. Taulukosta 10 kuitenkin huomataan, että eroja yksittäisten tehtävien ja tiettyjen teemojen yhteydessä esiintyi melko paljon. Kokeiluryhmä pärjasi kontrolliryhmää paremmin tehtävissä 2, 3 ja 8; kun taas kontrolliryhmä pärjasi kokeiluryhmää paremmin tehtävissä 1, 4, 5 ja 6. Tehtävä 7 oli molemmille ryhmille selkeästi erittäin haastava, eikä kumpikaan ryhmä pärjännyt siinä kovin hyvin. Se oli ominaisuuksiltaan lisäksi sellainen, johon pystyi asettamaan useamman kuin yhden vastauksen. Se osoittautui todella haastavaksi analysoida samoista syistä kuin alkukyselyn tehtävät 14 ja 15, minkä vuoksi kysymys 7 jätettiin huomiotta. Tehtävien 1, 3 ja 4 kohdalla tutkimusryhmien väliset erot olivat hyvin pieniä ja korkeintaan 4 prosenttiyksikön suuruisia. Erot olivat sen sijaan huomattavasti suurempia tehtävissä 2, 5, 6 ja 8. Tehtävä 2 testasi massaspekttrin toimintaperiaatteen tuntemusta, tehtävä 5 IR-spektrometrian käyttötarkoituksen tuntemusta, tehtävä 6 IR-spektrin toimintaperiaatteen tuntemusta ja tehtävä 8 IR-spektrin avulla aineen tunnistamista. Kaiken kaikkiaan kokeiluryhmä näyttää pärjänneen paremmin erityisesti massaspektrometrian aiheessa, sillä heidän tuloksensa olivat pääasiassa parempia tehtävissä 1–4, jotka liittyivät massaspektrometriaan. Kontrolliryhmä puolestaan pärjasi paremmin IR-spektrometrian aiheessa, sillä heidän tuloksensa IR-spektrometriaan liittyvissä tehtävissä 5–8 olivat pääasiassa parempia.

Taulukko 10. Tutkimusryhmien oikeiden vastausten suhteelliset osuudet loppukyselyiden tehtäväosuuksissa (kysymykset 1–8).

Kysymys	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä	Erotus
1	81 %	82 %	-1 %
2	73 %	55 %	+18 %
3	40 %	36 %	+4 %
4	60 %	64 %	-4 %
5	69 %	82 %	-13 %
6	85 %	91 %	-6 %
8	46 %	36 %	+10 %

Suurin osa kokeiluoppitunnille osallistuneista pienryhmistä onnistui ratkaisemaan oppitunnin ongelmaperustaisen mysteerin (taulukko 11).

Taulukko 11. Kokeiluryhmän vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen oppitunnin ongelman ratkaisemisesta.

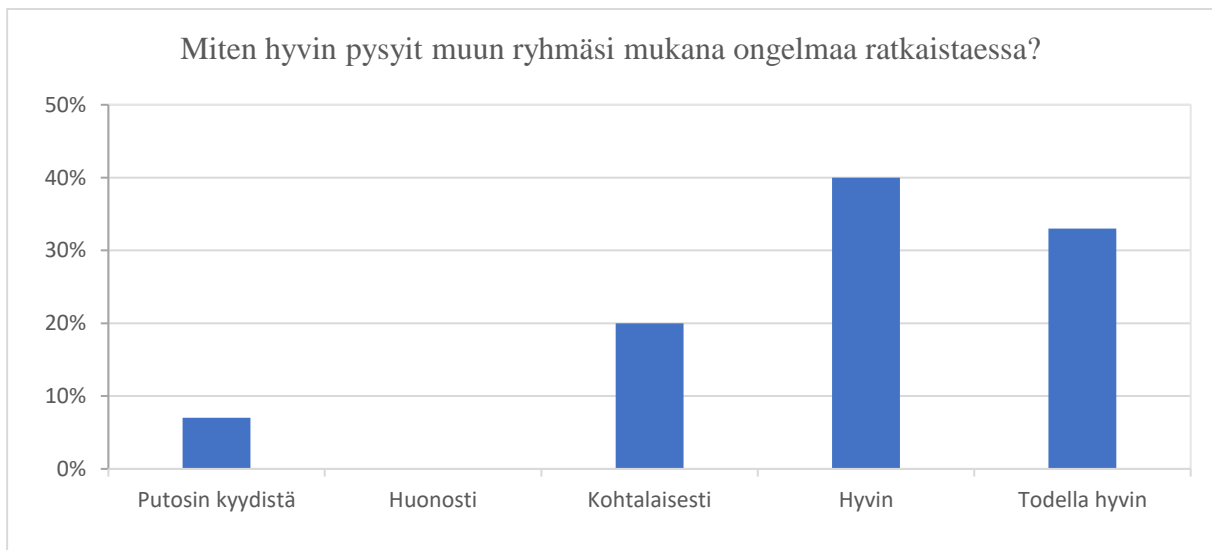
Onnistuiko ryhmäsi ratkaisemaan oppitunnilla selvitettävän ongelman?	Kokeiluryhmä
Kyllä	79 %
Ei	21 %

Pienryhmien sisällä suurin osa oppilaista koki myös pysyneensä muun ryhmänsä mukana ongelmanratkaisuprosessissa (taulukko 12 ja kuva 11). Heistä jopa lähes 3/4 koki pysyneensä hyvin tai todella hyvin mukana.

Taulukko 12. Kokeiluryhmän vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen oppitunnilla mukana pysymisestä.

Miten hyvin pysyit muun ryhmäsi mukana ongelmaa ratkaistaessa?	Kokeiluryhmä
1 = Putosin kyydistä	7 %
2 = Huonosti	0 %
3 = Kohtalaisesti	20 %
4 = Hyvin	40 %
5 = Todella hyvin	33 %

Keskiarvo	3,93
Keskihajonta	1,10



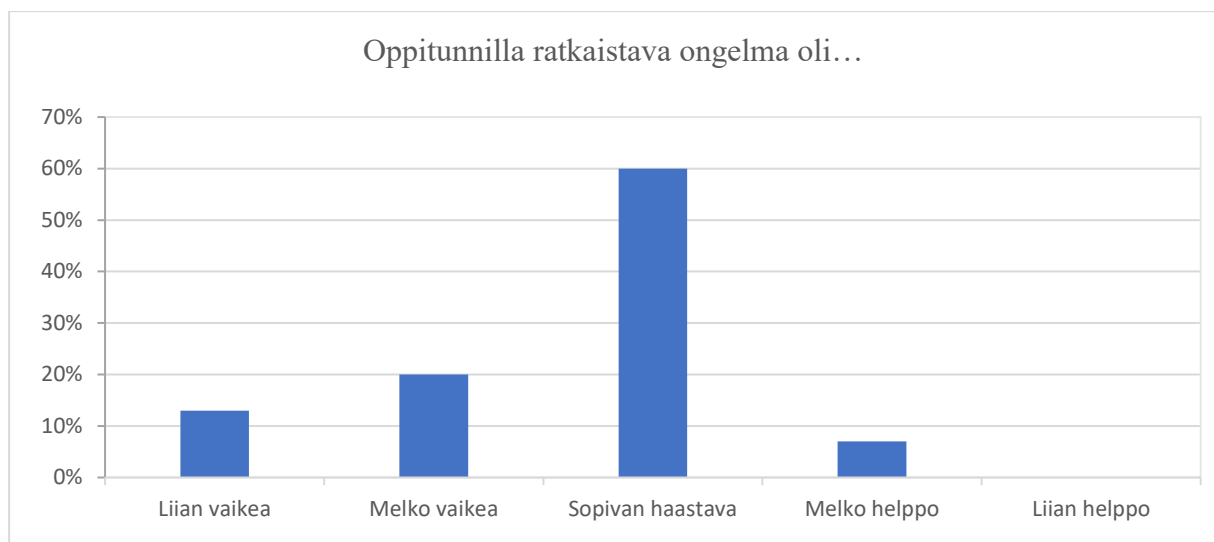
Kuva 11. Kokeiluryhmän vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen oppitunnilla mukana pysymisestä.

Valtaosa oppilaista koki kokeiluoppitunnin ongelman sopivan haastavaksi (taulukko 13 ja kuva 12). Yksi henkilö koki ongelman melko helpoksi, mutta kukaan ei kokenut sitä liian helpoksi. Loput eli noin 1/3 oppilaista koki ongelman joko melko vaikeaksi tai liian vaikeaksi.

Taulukko 13. Kokeiluryhmän vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen oppitunnin ongelman haastavuudesta.

Oppitunnilla ratkaistava ongelma oli...	Kokeiluryhmä
1 = Liian vaikea	13 %
2 = Melko vaikea	20 %
3 = Sopivan haastava	60 %
4 = Melko helppo	7 %
5 = Liian helppo	0 %

Keskiarvo	2,60
Keskihajonta	0,86



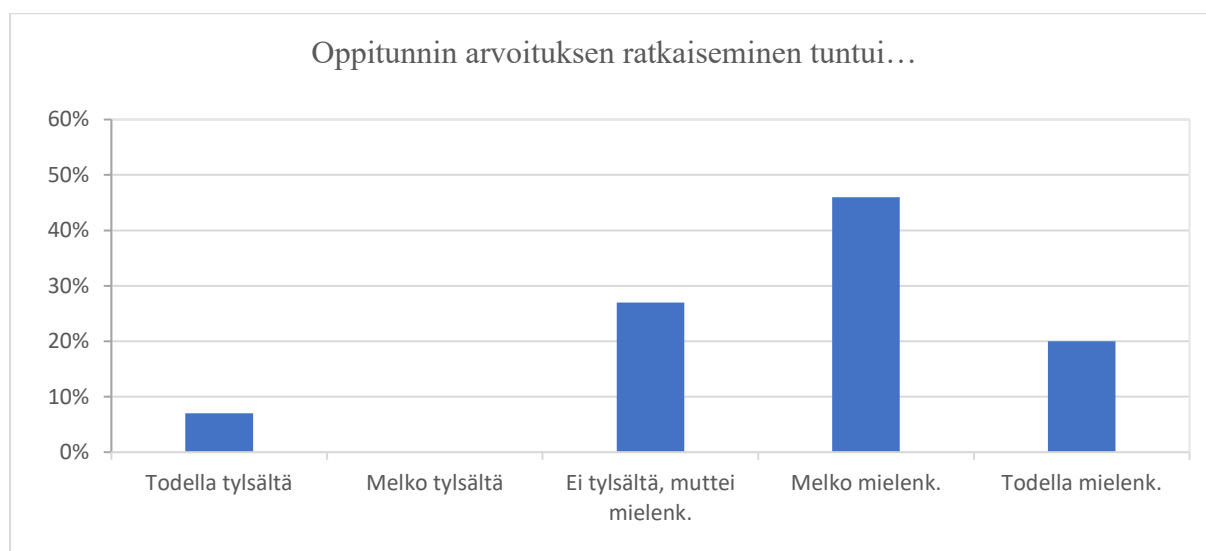
Kuva 12. Kokeiluryhmän vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen oppitunnin ongelman haastavuudesta.

Valtaosa oppilaista koki kokeiluoppitunnin ongelman ratkaisemisen joko melko tai todella mielenkiintoiseksi (taulukko 14 ja kuva 13). Vain yksi heistä koki sen todella tylsäksi, eikä yksikään melko tylsäksi. Loput oppilaista koki ongelman selvittämisen neutraalina.

Taulukko 14. Kokeiluryhmän vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen oppitunnin ongelman mielenkiintoisuudesta.

Oppitunnin arvoituksen ratkaiseminen tuntui...	Kokeiluryhmä
1 = Todella tylsältä	7 %
2 = Melko tylsältä	0 %
3 = Ei tylsältä, muttei mielenkiintoiseltakaan	27 %
4 = Melko mielenkiintoiselta	46 %
5 = Todella mielenkiintoiselta	20 %

Keskiarvo	3,73
Keskihajonta	1,03



Kuva 13. Kokeiluryhmän vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen oppitunnin ongelman mielenkiintoisuudesta.

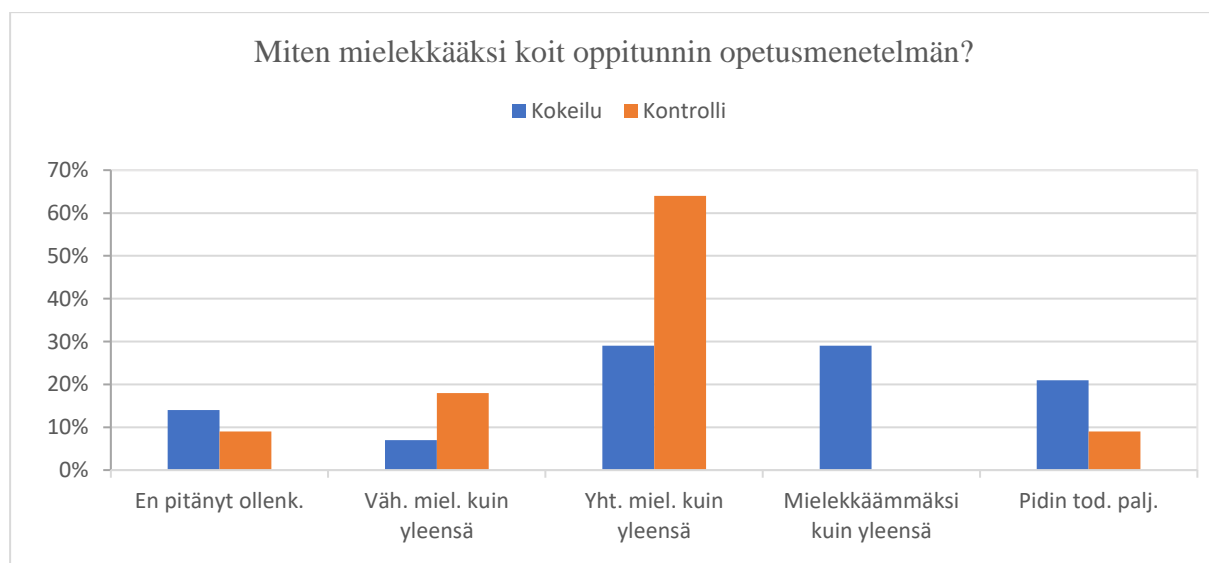
Kokeilu- ja kontrollioppitunneilla käytettyjä ongelmaperustaista ja opettajajohtoista opetusmenetelmää koskevien kysymysten vertailun perusteella oppilaat pitivät ongelmaperustaisesta opetusmenetelmästä selkeästi opettajajohtoista enemmän (taulukko 15 ja kuva 14). Heidän vastaustensa keskiarvojen ero oli jopa 0,54 yksikköä. Siinä missä opettajajohtoinen opetus koettiin yhtä mielekkääksi opetusmenetelmäksi kuin oppilaiden tavanomainen opetus, ongelmaperustainen opetusmenetelmä keräsi huomattavasti enemmän positiivisia kokemuksia. Puolet kokeiluryhmästä koki ongelmaperustaisen opetusmenetelmän joko mielekkäämmäksi kuin yleensä tai sanoivat pitävänsä siitä todella paljon. Sen sijaan vain yksi oppilas koko kontrolliryhmästä piti opettajajohtoisesta opetusmenetelmästä todella paljon,

eikä yksikään luonnehtinut sitä mielekkäämmäksi kuin yleensä. Vaikka ongelmaperustainen opetusmenetelmä koettiin pääasiassa mielekkäämmäksi kuin opettajajohtoinen opetusmenetelmä, jakoi se samalla paljon enemmän mielipiteitä. Siinä missä osa oppilaista piti siitä todella paljon, osa oppilaista ei pitänyt siitä ollenkaan. Myös kokeiluryhmän vastausten suuri hajonta (1,34) kuvastaa tätä. Kokemukset opettajajohtoisesta opetusmenetelmästä olivat puolestaan hyvin samankaltaisia, ja jopa 2/3 kontrolliryhmän oppilaista koki opetusmenetelmän neutraaliksi. Tämän vuoksi kontrolliryhmän hajonta oli kysymyksessä myös huomattavasti pienempi (0,98).

Taulukko 15. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen oppitunnilla käytettyjen opetusmenetelmien mielekkyydestä.

Miten mielekkääksi koit oppitunnin opetusmenetelmän?	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä
1 = En pitänyt ollenkaan	14 %	9 %
2 = Vähemmän mielekkääksi kuin yleensä	7 %	18 %
3 = Yhteä mielekkääksi kuin yleensä	29 %	64 %
4 = Mielekkäämmäksi kuin yleensä	29 %	0 %
5 = Pidin todella paljon	21 %	9 %

Keskiarvo	3,36	2,82
Keskihajonta	1,34	0,98



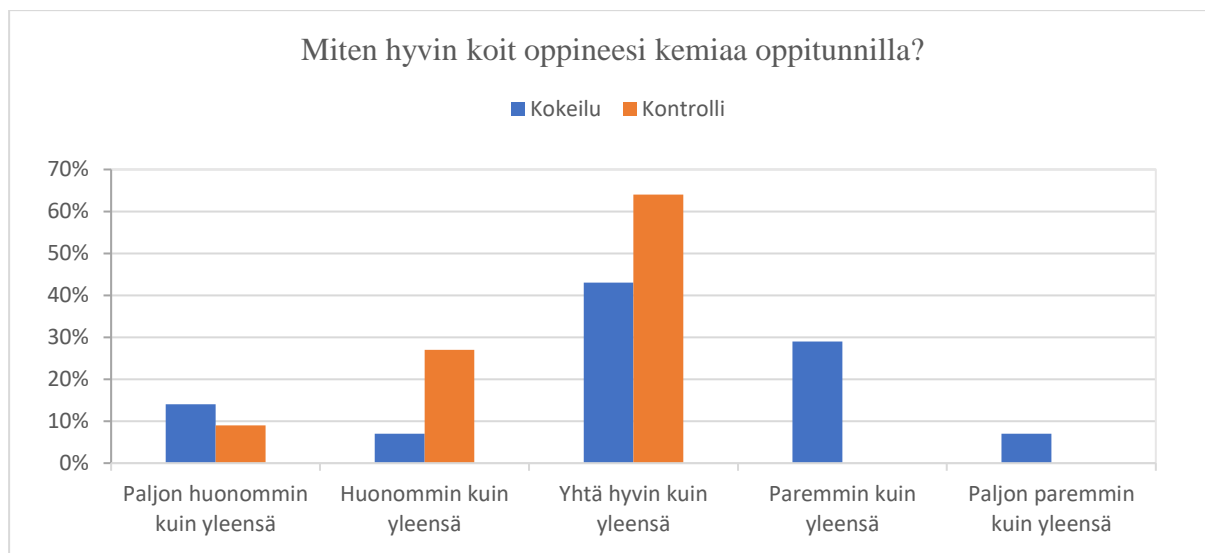
Kuva 14. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet kysymykseen oppitunnilla käytettyjen opetusmenetelmien mielekkyydestä.

Oppilaat kokivat oppineensa pääasiassa paremmin ongelmaperustaisen kuin opettajajohtoisen opetusmenetelmän vaikutuksesta (taulukko 16 ja kuva 15). Ongelmaperustainen opetusmenetelmä kuitenkin jakoi oppilaiden mielipiteitä jälleen paljon enemmän kuin opettajajohtoinen opetusmenetelmä. Kokeiluryhmän vastausten hajonta olikin 1,14; siinä missä kontrolliryhmällä se oli vain 0,69. Suurin osa kokeiluryhmän oppilaista koki oppineensa kemiaa ongelmaperustaisella opetusmenetelmällä yhtä hyvin kuin yleensä, mutta osa koki menetelmän paljon tavallista paremmaksi, kun taas osa koki sen paljon huonommaksi. Kontrolliryhmän jäsenistä jälleen lähes 2/3 koki opettajajohtoisen menetelmän toimineen yhtä hyvin kuin kouluopetuksen yleensä. Kuitenkaan yksikään heistä ei kokenut menetelmää oppimisen kannalta tavallista paremmaksi, mutta melko moni koki sen huonommaksi kuin yleensä ja osa jopa paljon huonommaksi.

Taulukko 16. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet oppitunnilla käytettyjen opetusmenetelmien avulla oppimisesta.

Miten hyvin koit oppineesi kemiaa oppitunnilla?	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä
1 = Paljon huonommin kuin yleensä	14 %	9 %
2 = Huonommin kuin yleensä	7 %	27 %
3 = Yhtä hyvin kuin yleensä	43 %	64 %
4 = Paremmin kuin yleensä	29 %	0 %
5 = Paljon paremmin kuin yleensä	7 %	0 %

Keskiarvo	3,07	2,55
Keskihajonta	1,14	0,69



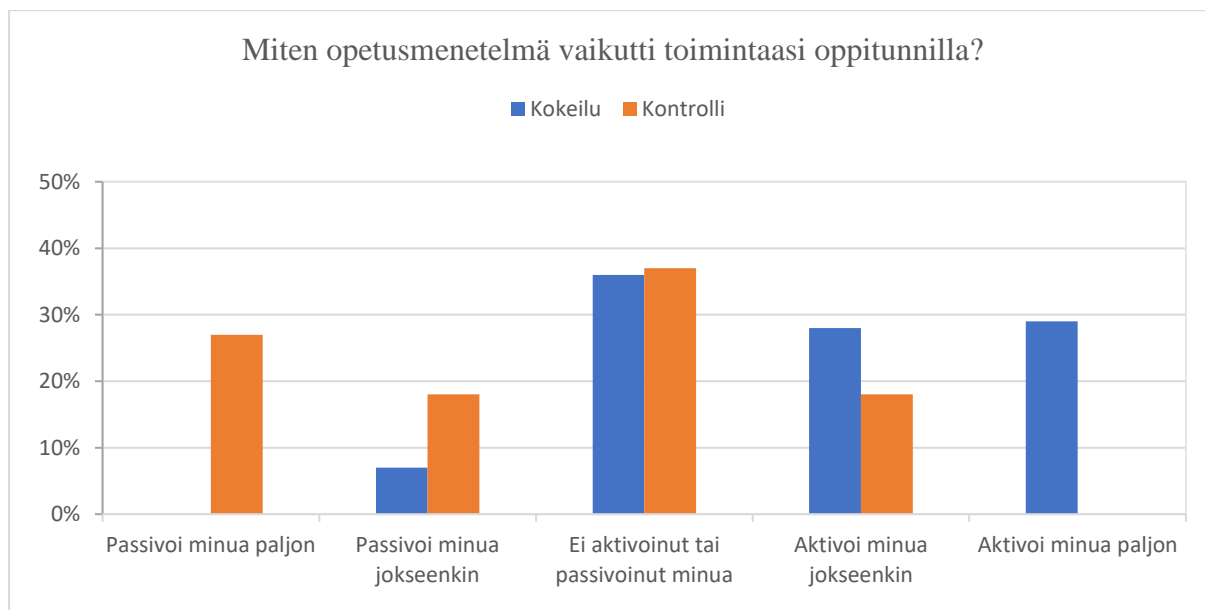
Kuva 15. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet oppitunnilla käytettyjen opetusmenetelmien avulla oppimisesta.

Ongelmaperustaisella opetusmenetelmällä oli selvästi oppilaita enemmän aktivoiva vaikutus kuin opettajajohtoisella opetusmenetelmällä (taulukko 17 ja kuva 16). Yli puolet kokeiluryhmän oppilaita koki ongelmaperustaisen opetusmenetelmän aktivoivan heitä joko jokseenkin tai paljon. Opettajajohtoisella opetusmenetelmällä oli päinvastainen vaikutus ja lähes vastaava osuus kontrolliryhmästä koki, että se passivoi heitä joko jokseenkin tai paljon. Tutkimusryhmien vastausten keskiarvojen ero oli 1,34 yksikköä ongelmaperustaisen opetusmenetelmän eduksi menetelmän aktivoivuudessa.

Taulukko 17. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet oppitunnilla käytettyjen opetusmenetelmien vaikutuksesta omaan toimintaan.

Miten opetusmenetelmä vaikutti toimintaasi oppitunnilla?	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä
1 = Passivoi minua paljon	0 %	27 %
2 = Passivoi minua jokseenkin	7 %	18 %
3 = Ei aktivoi tai passivoi minua	36 %	37 %
4 = Aktivoi minua jokseenkin	28 %	18 %
5 = Aktivoi minua paljon	29 %	0 %

Keskiarvo	3,79	2,45
Keskihajonta	0,97	1,13



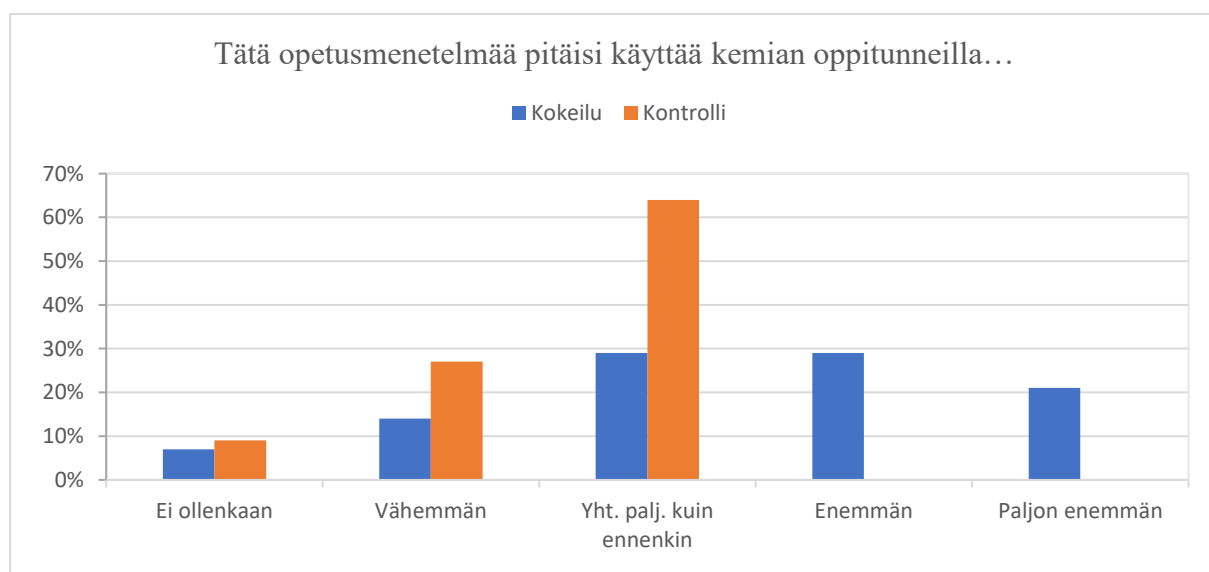
Kuva 16. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet oppitunnilla käytettyjen opetusmenetelmien vaikutuksesta omaan toimintaan.

Puolet kokeiluryhmän oppilaista olivat sitä mieltä, että ongelmaperustaista opetusmenetelmää tulisi käyttää kemian oppitunneilla joko enemmän tai paljon enemmän (taulukko 18 ja kuva 17). Pieni osa heistä oli kuitenkin myös sitä mieltä, että ongelmaperustaista opetusmenetelmää tulisi käyttää vähemmän tai ei ollenkaan. Kontrolliryhmästä noin 2/3 oli puolestaan sitä mieltä, että opettajajohtoista opetusmenetelmää pitäisi käyttää yhtä paljon kuin ennenkin ja kaikki loput heistä sitä mieltä, että joko vähemmän tai ei ollenkaan. Yksikään kontrolliryhmäläisistä ei kokenut, että opettajajohtoista opetusmenetelmää tulisi käyttää kemian opetuksessa enemmän tai paljon enemmän. Kuten monessa aiemmankin kysymyksen kohdalla, ongelmaperustainen opetusmenetelmä jakoi jälleen huomattavasti enemmän mielipiteitä kuin opettajajohtoinen opetusmenetelmä. Kokeiluryhmän keskihajonta olikin jälleen suuri (1,22) ja kontrolliryhmän pieni (0,69).

Taulukko 18. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet oppitunnilla käytettyjen opetusmenetelmien soveltuvuudesta itselle.

Tätä opetusmenetelmää pitäisi käyttää kemian oppitunneilla...	Kokeiluryhmä	Kontrolliryhmä
1 = Ei ollenkaan	7 %	9 %
2 = Vähemmän	14 %	27 %
3 = Yhtä paljon kuin ennenkin	29 %	64 %
4 = Enemmän	29 %	0 %
5 = Paljon enemmän	21 %	0 %

Keskiarvo	3,43	2,55
Keskihajonta	1,22	0,69



Kuva 17. Tutkimusryhmien vastausten suhteelliset osuudet oppitunnilla käytettyjen opetusmenetelmien soveltuvuudesta itselle.

Tutkimusryhmien loppukyselyiden viimeisenä kohtana oli avoimen palautteen kysymys, jossa vastaajaa kehoitettiin kertomaan lyhyesti oma mielipide oppitunnin opetusmenetelmästä. Turhautuminen etäopiskeluun ja halu päästä takaisin lähiopetukseen kuvasti molempien tutkimusryhmien avoimia vastauksia. Kokeiluryhmän kohdalla etäopiskelu aiheutti erityisen paljon turhautumista ja vaikeutta opittavassa aiheessa mukana pysymisessä. Kokeiluryhmän vastaukset olivat samalla kuitenkin ongelmaperustaista opetusmenetelmää kohtaan todella myönteisiä. Moni oppilaista kertoi nauttivansa oppitunnin aktivoivasta otteesta ja luonnehti sen aikaista toimintaa mielekkääksi.

”Ryhmässä työskentely oli kivaa ja aktiivinen toiminta auttoi ymmärtämään spektrien käyttöä.”

Moni oppilaista myös toivoi lisää vastaavanlaista opetusta tulevaisuudessa.

”Enemmän tällaista!”

Oppitunnilta myöhässä olleet oppilaatkin kokivat ongelmaperustaisen opetusmenetelmän mielekkääksi, vaikka joutuivat myöhästymisensä vuoksi toimimaan itsenäisesti oppitunnin aikana.

”Oli ihan kivaa tehdä tuollaisia mysteereitä ... kunhan ei joudu yksin.”

Kontrolliryhmän vastauksista käy puolestaan selväksi, että suuri osa ryhmän oppilaista koki opettajajohtoisen opetusmenetelmän tylsäksi ja liian yksipuoleiseksi, vain opettajan ollessa äänessä.

”Alkoi väsyttämään, eikä mielenkiinto pysynyt kemiassa.”

Usea oppilas toi myös esille, ettei pelkästään yhden aistin varainen informaatio toimi jokaiselle heistä kovin hyvin.

”Joillekin varmasti toimiva, mutta itse en oikein opi pelkällä kuuntelulla.”

Osa kontrolliryhmän oppilaista kuitenkin myös piti opettajajohtoisesta opetusmenetelmästä. Positiivisimmissa vastauksissakin oli silti pieni huoli opetusmenetelmän toimivuudesta.

”Opetusmenetelmä oli aika hyvä. Opettajajohtoinen opiskelu sopii hyvin kemian teorian opiskeluun, kunhan koko tunti ei mene opettajaa kuunnella.”

11.3 Koetehtävä

Tässä alaluvussa esitetyt tutkimustulokset perustuvat kaikki kurssikoetehtävän (liite 4) perusteella kerättyyn tutkimustietoon (taulukko 19).

Kurssikokeeseen osallistui molempien tutkimusryhmien kohdalla enemmän oppilaita kuin tutkimusoppitunneille. Kokeiluryhmällä koetehtävään tuli vastauksia yhteensä seitsemäntoista ($n = 17$) ja kontrolliryhmällä neljätoista ($n = 14$). Koetehtävä oli molemmille tutkimusryhmille sama, mutta koeryhmän maksimipistemäärä tehtävässä oli kahdeksan (8 p) ja kontrolliryhmällä kuusi (6 p).

Kaiken kaikkiaan kontrolliryhmä pärjäsikin koetehtävässä huomattavasti paremmin kuin kokeiluryhmä. Kontrolliryhmän koetehtävän arvosanojen keskiarvo oli 77 % (4,625 / 6 p) tehtävän maksimipisteityksestä, siinä missä se oli kokeiluryhmällä 52 % (4,176 / 8 p).

Taulukko 19. Tutkimusryhmien oppilaiden ansaitsemat suhteelliset osuudet koetehtävän maksimipistemäärästä.

Oppilas	Kokeiluryhmä	Oppilas	Kontrolliryhmä
1	0 %	1	25 %
2	13 %	2	33 %
3	13 %	3	50 %
4	13 %	4	58 %
5	13 %	5	75 %
6	13 %	6	75 %
7	50 %	7	83 %
8	63 %	8	83 %
9	63 %	9	96 %
10	63 %	10	100 %
11	63 %	11	100 %
12	75 %	12	100 %
13	88 %	13	100 %
14	88 %	14	100 %
15	88 %		
16	88 %		
17	100 %		

12 Tulosten analyysi ja johtopäätökset

Tässä luvussa tarkastellaan ja käsitellään tutkimuksen tulosten merkityksiä sekä merkittävyyttä, ja pyritään selittämään niitä suhteessa teoreettiseen viitekehykseen.

12.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

12.1.1 Oppimistuloksiin liittyvä tutkimuskysymys

Strobelin ja Van Barneveldin (2009) mukaan opettajajohtoiset opetusmenetelmät tuottavat lyhyellä aikavälillä ongelmaperustaista opetusmenetelmää parempia oppimistuloksia. Lyhytkestoista muistia pyrittiin tässä tutkimuksessa testaamaan loppukyselyiden tehtävillä. Niiden avulla kuitenkin selvisi, että ongelmaperustaisesti opetettu kokeiluryhmä pärjasi tutkimusoppitunnilla spektroskopian osaamista testaavissa tehtävissä vähintäänkin yhtä hyvin

kuin opettajajohtoisesti opetettu kontrolliryhmä (taulukko 10). Kontrolliryhmä oli lisäksi alkukyselyn perusteella tutkimusoppitunnille tullessaan kokeiluryhmää huomattavasti pätevämpi orgaanisen kemian aiheessa (taulukot 5 ja 6), jonka hallitseminen oli tutkimusoppitunneilla pärjäämisessä kriittisen tärkeässä roolissa. Nämä tulokset viestivät siitä, että tässä tutkimuksessa ongelmaperustainen opetusmenetelmä näyttäisi tuottaneen itse asiassa jopa parempia oppimistuloksia lyhyellä aikavälillä kuin opettajajohtoinen opetusmenetelmä, mikä oli täysin ristiriidassa Strobelin ja Van Barneveldin (2009) teorian kanssa. Yksi tätä ristiriitaista tulosta selittävä tekijä voi liittyä tutkimusryhmien oppilaiden kognitiiviseen kyvykkyyteen. Kuten Shayer ja Adey (1981), Guthrie (1990) sekä Childs (2009) kaikki kirjoittavat: nykyisin lukiolaisista entistä harvempi yltää Piaget'n formaalien operaatioiden vaiheen tasolle kognitiivisessa kyvykkyydessään. Toisin sanottuna yhä pienempi osa heistä kykenee käsittelemään abstraktia tietoa ja vaatii sen sijaan konkreettisia esimerkkejä ja toimintaa oppimisensa onnistumiseksi. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä perustuu McLeodin (2020) mukaan suoraan oikean maailman ilmiöihin ja konteksteihin, minkä vuoksi sen lähestymistapa tietoon on aina ilmiölähtöinen ja konkreettinen. Tämä päti myös kokeiluoppitunnilla, jonka mysteeri oli rakennettu täysin konkreettisen ongelman ympärille. Opettajajohtoinen opetusmenetelmä ei vuorostaan sisällä samanlaisia elementtejä ja on usein hyvinkin teorialähtöinen. Tämä piti paikkansa myös kontrollioppitunnilla, jolla opetus oli pääasiassa luennointia, eikä samanlaista oppilaiden ratkaistavaa konkreettista ongelmaa ollut. Kontrolliryhmä opetettiin lähinnä hallitsemaan spektroskopian teoriaa, siinä missä kokeiluryhmä opetettiin ratkaisemaan oikean maailman ongelmia, hyödyntämällä spektroskopian menetelmiä. Näin ollen kontrolliryhmä joutui oppituntinsa aikana käsittelemään paljon enemmän abstraktia tietoa kuin kokeiluryhmä. Olettaen, etteivät tutkimusryhmien oppilaat olleet poikkeuksia kognitiivisessa kyvykkyydessään suhteessa lukiolaisiin keskimäärin, on perusteltua väittää, että tutkimusoppituntien tiedon luonteen ero on vaikuttanut tutkimusryhmien oppimistuloksiin ja edelleen heidän pärjäämiseensä loppukyselyssä.

Suttonin ja Knuthin (2017) sekä Strobelin ja Van Barneveldin (2009) mukaan ongelmaperustainen opetusmenetelmä on opettajajohtoista opetusmenetelmää huomattavasti tehokkaampi väline tiedon säilömuistiin painamisessa. Tässä tutkimuksessa säilömuistia pyrittiin testaamaan tutkimusoppituntien aiheesta pidetyllä kurssikoetehtävällä. Kontrolliryhmä suoriutui tehtävästä kuitenkin huomattavasti paremmin kuin kokeiluryhmä (taulukko 19). Tämä tulos näyttäisi viittaavan siihen, että opettajajohtoinen opetusmenetelmä toimi tutkimuksessa tehokkaampana tiedon säilömuistiin painamisen välineenä kuin ongelmaperustainen opetusmenetelmä. Strobel ja Van Barneveld (2009) kuitenkin myös kertovat, että

opettajajohtoisen opetusmenetelmän on useaan otteeseen tutkittu tuottavan ongelma-perustaista opetusmenetelmää parempia kurssikoe-arvosanoja. Tämä perustuu siihen, ettei kurssikokeessa pärjääminen ole välttämättä kovinkaan voimakkaasti sidoksissa säilömuistiin ja sen hyödyntämiseen. Sen sijaan oppilaille on tapana pöntätä kurssin sisältöjä juuri ennen koetta, jolloin suuri osa kokeen testaamasta asiasta voikin olla oppilaille hetkellisesti tallentuneena lyhytkestoiseen muistiin.

Toteutuiko ensimmäisen tutkimuskysymyksen: *”Ovatko lukiolaisten muistiin tallentuneet spektroskopian oppimistulokset parempia ongelma-perustaisen oppimisen avulla opittuina vai opettajajohtoisesti opetettuina?”* hypoteesi: *”Oppilaiden lyhytkestoiseen muistiin tallentuneet spektroskopian oppimistulokset ovat yhtä hyviä tai parempia opettajajohtoisesti opetettuina kuin ongelma-perustaisesti opittuina, kun taas pitkäkestoiseen muistiin tallentuneet oppimistulokset ovat yhtä hyviä tai parempia ongelma-perustaisesti opittuina.”* näiden tutkimustulosten perusteella? Ei toteutunut. Oppimistuloksiin liittyvät tutkimustulokset olivat itseasiassa pitkälti vastakkaisia teoreettisen viitekehyksen kanssa. Tutkimuksen tutkimustulokset viittasivat nyt siihen, että oppilaiden lyhytkestoiseen muistiin tallentuneet spektroskopian oppimistulokset olivat parempia ongelma-perustaisesti opittuina, kun taas pitkäkestoiseen muistiin tallentuneet oppimistulokset olivat parempia opettajajohtoisesti opetettuina.

12.1.2 Oppimismotivaatioon liittyvä tutkimuskysymys

Overtonin ja Randlesin (2015) sekä Pedersenin (2003) mukaan ongelma-perustainen oppiminen lisää oppilaiden aitoa kiinnostusta aiheeseen, jolloin oppilaiden motivaation luonne on pääasiassa sisäsyntyistä. Newblen ja Clarken (1986) mukaan opetuksen perustuessa mielenkiintoon, se mahdollistaa laadukkaan syväoppimisen tapahtumisen. Näin sisäisen motivaation ja sen yhteydessä mielenkiinnon kasvaessa myös oppilaiden kokemuksen oppimisen mielekkyydestä tulisi kasvaa. Ongelma-perustaisen opetuspaketin ja sen toteutuksen todettiin jo aikaisemmin tässä luvussa onnistuneen ja siten palvelleen mm. Overtonin ja Randlesin (2015) teoriaa sisäsyntyisestä oppimismotivaatiosta. Tämän lisäksi myös tutkimuksen tulokset puolsivat samaa teoriaa, ja kokeiluryhmän oppilaat kokivat ongelma-perustaisen opetusmenetelmän hyvin mielekkääksi (taulukko 15).

Toisaalta oppilaiden passiivinen rooli opettajajohtoisessa opetuksessa aiheuttaa esimerkiksi luennoinnin yhteydessä tylsistymistä useissa oppilaissa, jolloin heidän tarkkaavaisuutensa siirtyy toisaalle, vaikeuttaen heidän oppimistaan. Näin opettajajohtoisesti opettujen oppilaiden pitäisi kokea oppitunti vähemmän mielekkääksi kuin ongelma-perustaisesti opettujen oppilaiden. Tämä näkyi oppitunnin mielekkyyttä tiedustelevan kysymyksen

(taulukko 15) lisäksi kontrolliryhmän loppukyselyn avoimen kysymyksen vastauksissa. Niissä kritisoitiin erityisesti tarkkaavaisuuden ylläpitämisen vaikeutta opetuksessa, opetuksen yksipuolisuutta ja opettajan roolin liiallista korostumista. Opettajajohtoisen opetuksen yksipuolisuuden vuoksi kehkeytyneet keskittymisvaikeudet ovat mitä luultavimmin myös aiheuttaneet haasteita oppilaiden työmuistissa käsittelemän tiedon siirtämisessä säilömuistiin, kuten Eilks ja Hofsteinkin (2013) tutkimuksessaan havaitsivat.

Tosin vaikka ongelmaperustainen opetusmenetelmä koettiin opetusmenetelmistä mielekkäämmäksi, jakoi se myös opettajajohtoista opetusmenetelmää enemmän mielipiteitä. Näyttäisikin siltä, että osalle oppilaista ongelmaperustainen opetusmenetelmä sopii toisia paremmin, siinä missä opettajajohtoinen opetusmenetelmä on melko tasavertainen suurelle enemmistölle oppilaista. Toisaalta yhtä hyvin voi olla niin, että menetelmänä opettajajohtoinen opetus on kaikille oppilaista niin tuttu, että se koetaan toimivammaksi kuin se oikeasti onkaan ja uutena menetelmänä ongelmaperustainen oppiminen taas saatetaan kokea vieraaksi ja pelottavaksi.

Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän avulla oppilaat kokivat myös pääasiassa oppivansa kemian oppiainetta opettajajohtoista opetusmenetelmää paremmin (taulukko 16). Tämän tuloksen voi tulkita olevan Newblen ja Clarcken (1986) mukaisen laadukkaan syväoppimisen indikaattori. Se, että kokeiluryhmän oppilaat kokivat aidosti oppineensa kemiaa ongelmaperustaisen opetusmenetelmän ansiosta, kertonee siitä, että he kokivat kokeiluoppitunnilla edistyneensä heille itselleen merkityksellisissä oppimiseen liittyvissä tavoitteissaan. Vastaavasti kuin opetusmenetelmän mielekkyyden kohdalla, ongelmaperustainen opetusmenetelmä jakoi kuitenkin paljon mielipiteitä myös oppimisen kokemisessa. Tähän syynä lienee oppilaiden oppimisen tarpeiden erot. Kuten Strobel ja Van Barneveld (2009) kertovat, persoonallisuuserojen vuoksi tietyt henkilöt oppivat paremmin tietyillä oppimistyyyleillä, kun taas toiset oppivat paremmin toisilla oppimistyyyleillä. Vaikka Strobelin ja Van Barneveldin (2009) mukaan ongelmaperustainen opetusmenetelmä mahdollistaa jokaisen oppilaan kohdalla heille parhaimman oppimistyylin hyödyntämisen, saattaa opetusmenetelmä olla itsessään niin uusi ja tuntematon, ettei oppilas edes tiedä, mitä oppimistyyliä hyödyntää. Oppilaan on itse asiassa varmasti mahdotonta tuntea oman oppimisensa tarpeita tarkasti, jos hän on läpi elämänsä oppinut perinteisten opetusmenetelmien ehdoilla ilman oman oppimisensa tarkastelua ja ohjaamista. Tilanne voisi olla toinen, jos ongelmaperustaista opetusmenetelmää olisi hyödynnetty kyseisen ryhmän opetuksessa jo pidemmän aikaa, ja oppilaat olisivat löytäneet heille itselleen toimivia oppimistyyliä ja -ratkaisuja kokemuseräisesti pidemmän ajanjakson aikana. Nyt kuitenkin oppilaat kohtasivat

uuden opettajajohtoisen opetusmenetelmän kenties ensimmäistä kertaa ja saattoivat hämmäntyä ja olla jopa hukassa, kun heidän oletettiin toimivan hyvin itsenäisesti ohjautuen ja oppien. Kenties oman oppimistyyhinsä paremmin tunteneet oppilaat onnistuivatkin tehtävässä tämän vuoksi paremmin ja arvioivat ongelma-perustaisen opetusmenetelmän loppukyselyiden kysymyksissä positiivisemmin, siinä missä huonommin omat tarpeensa ja oppimistyyhinsä tuntevat oppilaat kokivat hämmennystä ja saivat oppimistilanteesta ja opetusmenetelmästä negatiivisemmän kokemuksen, arvioiden ongelma-perustaisen opetusmenetelmän negatiivisemmin. Kaiken kaikkiaan oppilaat kokivat ongelma-perustaisen opetusmenetelmän kuitenkin paremmaksi tavaksi opettaa kemian oppiainetta, mikä lienee myös syynä siihen, että sen hyödyntämistä toivottiin jatkossa opettajajohtoista opetusmenetelmää enemmän (taulukko 18).

Overtonin ja Randlesin (2015) mukaan oikein käytettynä ongelma-perustainen opetusmenetelmä aktivoi oppilaita ja sen seurauksena ylläpitää heidän tarkkaavaisuuttaan oppitunnilla käsiteltävässä aiheessa ja kasvattaa heidän oppimismotivaatiotaan sitä kohtaan. Tutkimuksen tulokset tukivat tätä teoriaa, sillä myös niiden mukaan ongelma-perustainen opetusmenetelmä aktivoi oppilaita opettajajohtoista opetusmenetelmää enemmän (taulukko 17). Kaiken lisäksi, toisin kuin monen muun kysymyksen kohdalla, opetusmenetelmän aktivoivaan vaikutukseen liittyvän kysymyksen vastauksissa ei ilmennyt suurta mielipiteiden jakautumista ongelma-perustaisen opetusmenetelmän kohdalla. Päinvastoin molempien tutkimusryhmien tulokset osoittavat, että ongelma-perustainen opetusmenetelmä oli opettajajohtoista selvästi ja yksiselitteisesti oppilaita aktivoivampi. Toisaalta tämä ei ollut mikään ihme, sillä oppilaiden velvoitettiin toimivan läpi koko kokeiluoppitunnin pienryhmänsä kanssa itseohjautuen.

Toteutuiko toisen tutkimuskysymyksen: *”Parantaako spektroskopian oppiminen ongelma-perustaisesti lukiolaisten oppimismotivaatiota enemmän kuin sen opettaminen opettajajohtoisesti?”* hypoteesi: *”Ongelma-perustainen opetusmenetelmä johtaa parempaan oppimismotivaatioon, sillä oppilaat kokevat sen kiinnostavampana ja aktivoivampana tapana oppia spektroskopiaa kuin opettajajohtoisen opetuksen.”* näiden tutkimustulosten perusteella? Hypoteesi toteutui hyvin, sillä tutkimusryhmien oppilaat ensinnäkin kokivat ongelma-perustaisen opetusmenetelmän kiistatta aktivoivammaksi, mutta toisaalta myös mielenkiintoisemmaksi ja mielekkäämmäksi. Näihin yhdistettynä kokeiluryhmän mysteerin ratkaisemisen onnistumisten kautta saadut myönteiset kokemukset paransivat kokeiluryhmän oppilaiden oppimismotivaatiota opittavaa aihetta kohtaan enemmän kuin opettajajohtoinen opetusmenetelmä kontrolliryhmän oppilailla.

12.1.3 Muihin etuihin ja haasteisiin liittyvä tutkimuskysymys

Pekrunin (2009) mukaan ongelmaperustaisen opetusmenetelmän toimivuuden kannalta oppimistehtävän vaativuus ja mielenkiintoisuus ovat yhtä tärkeässä roolissa kuin oppilaslähtöisyyskin. Hänen mukaansa liian vaikea tehtävä voi johtaa toivottomuuteen ja tehtävässä epäonnistumiseen, kun taas liian helppo tehtävä voidaan kokea tylsäksi. Tulosten mukaan valtaosa oppilaista koki kokeiluoppitunnin ongelman kuitenkin sopivan haastavaksi (taulukko 13). Vain kaksi oppilasta koki ongelman liian vaikeaksi, mutta siihenkin lienee syynä oppilaiden myöhästyminen oppitunnilta, ja sen seurauksena ongelman ratkaiseminen itsenäisesti. Vaikuttaisikin, että haastavuudeltaan ongelma oli onnistuttu suunnittelemaan todella hyvin.

Nurmen (2013) sekä Sulisworon ja Suryanin (2014) mukaan ongelmaperustaisen ongelman oppimismotivaatiota parantava vaikutus kumpuaa pitkälti tehokkaasta, mielekkästä ja yhteisöllisestä ryhmätyöskentelystä. Kiurun (2018) mukaan ongelman laatijan olisikin tärkeää osata suunnitella ongelma ja sen yhteydessä pienryhmien muodostaminen niin, että ryhmät koostuvat monen tasoista, mutta samalla kollektiivisesti riittävän pätevistä joukosta ratkaistakseen ongelman. Quinn (2006) suosittelee ryhmän kooksi 3–5 jäsentä, joista yksi on keskivertoa kyvykkäämpi, yksi on keskivertoa heikompi ja loput ovat keskitason osaajia. Tutkimuksessa pienryhmät muodostettiin Quinin (2006) periaatteiden mukaisesti 3–4 oppilaan ryhmiksi. Tämän lisäksi lähes kaikki oppilaat (93 % eli kaikki paitsi yksi) kokivat oppitunnin aikana pysyneensä muun ryhmänsä mukana joko kohtalaisesti, hyvin tai todella hyvin (taulukko 12), mikä kertoo ongelmaperustaisen oppitunnin ryhmäjaon onnistumisesta.

Pekrunin (2009) mukaan positiivisten tunnekokemusten saaminen ja onnistumisen kokeminen vaikuttavat merkittävästi siihen, miten mielekkääksi oppiminen koetaan, mikä puolestaan antaa oppimiselle merkityksellisyyttä ja siten tehostaa sisäsyntyistä oppimismotivaatiota. Tulosten mukaan noin neljä viidestä (79 %) oppilaasta kertoikin onnistuneensa ratkaisemaan ongelmaperustaisen oppitunnin ongelman oppitunnin aikana (taulukko 11). Lisäksi kaksi kolmasosaa (66 %) oppilaista koki ongelman ratkaisemisen joko melko tai todella mielenkiintoiseksi (taulukko 14). Vain yksi koki ongelman todella tylsäksi ja loput oppilaista koki ongelman ratkaisemisen mielenkiintoisuudeltaan neutraaliksi. Hyvä onnistuminen ongelman ratkaisussa ja sen mielenkiintoiseksi kokeminen kertoivat jälleen ongelman suunnittelun ja laatimisen onnistumisesta. Ongelmasta onnistuttiin näin ollen tekemään mielenkiintoinen ja palkitseva.

Ongelmaperustaisen oppitunnin opetuspaketin kehittäminen ja toteuttaminen sujui tutkimuksessa kokonaisuudessaan selkeästi hyvin. Oppilaiden jako tehokkaasti toimiviin

pienryhmiin oli onnistunut ja heidän ratkaistavaksi asetettu ongelmansa oli haastava. Siitä huolimatta ryhmät onnistuivat ratkaisemaan ongelman hyvin ja saivat siten myönteisiä kokemuksia opetusmenetelmästä sekä opittavasta aiheesta. Myönteiset kokemukset mitä ilmeisimmin johtivat puolestaan sisäisen oppimismotivaation kasvuun sekä kemian oppiaineen että oppitunnin aiheen sisällä.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin vain osaa ongelmaperustaisen opetusmenetelmän eduista ja ominaisuuksista, lähinnä oppimistulosten ja -motivaation näkökulmista. Moni muu ongelmaperustaisen periaatteen osa-alueista jäi tämän vuoksi selkeästi niiden varjoon. Esimerkiksi ongelmanratkaisutaidon, tiedonhaun, kriittisen ajattelun, ryhmätyöskentelytaidon ja sosialisointikonseptit jäivät joko kokonaan huomiotta tai selkeästi vähemmälle huomiolle. Jokainen näistä taidoista on kuitenkin erityisen tärkeitä kyvykkyyden alueita, ja niistä jokaisesta on selkeitä hyötyä sekä arjessa että työelämässä. Nyt näiden taitojen kehittymisen ja harjoittamisen eroavuuksia ongelmaperustaisen ja opettajajohtoisen opetusmenetelmän välillä ei juuri selvitetty, eikä opetusmenetelmiä voida niiden pohjalta nyt perusteellisesti arvioida. Olisi kuitenkin oletettavaa, että ongelmaperustainen opetusmenetelmä tukisi näiden taitojen kehittymistä selkeästi paremmin opettajajohtoiseen opetusmenetelmään verrattuna. Moni näistä taidoista – kuten sosialisointi – ovat sen laatuista, että niiden tutkiminen vaatisi kvantitatiivisen tutkimuksen sijaan enemmän kvalitatiivista tutkimustietoa, esimerkiksi oppitunnin aikaisen observoinnin keinoin. Koronapandemian vuoksi tämä olisi kuitenkin ollut tässä tutkimuksessa hyvin haastavaa toteuttaa, altistumatta tai altistamatta toisia henkilöitä, kuten oppilaita mahdolliselle tartuntavaaralle.

Tutkija ei pitänyt tarkemmin kirjaa tutkimusoppituntien ja niiden komponenttien – kuten YouTube -videon, oppituntisuunnitelmien ja oppitunteihin liittyvän materiaalin – valmistelemiseen kuluneesta ajasta. Oli kuitenkin hyvin selvää, että ongelmaperustaista opetusmenetelmää hyödyntäneen kokeiluoppitunnin kohdalla työmäärä oli selkeästi suurempi ja aikaa kului huomattavasti enemmän. Kokeiluoppitunti oli siis raskaampi valmistella, mutta toisaalta se koettiin mielenkiintoisemmaksi myös valmisteluvaiheessa. Tutkijan motivaatio olikin oppitunnin laatimisen yhteydessä korkeammalla kokeiluoppituntia tehdessään kuin kontrollioppituntia tehdessään.

Toteutuiko kolmannen tutkimuskysymyksen: *”Mitä hyötyjä ja haasteita ongelmaperustaisesta oppimisesta on suhteessa opettajajohtoiseen opetukseen spektroskopian aiheessa?”* hypoteesi: *”Ongelmaperustaiset tapaukset ovat työläitä kehittää, eikä valmiita ongelmia tai pohjia ole yleisessä jaossa juuri tarjolla. Tämä vaatii opettajalta uusia opetuksen ohjaamisen taitoja ja pakottaa hänet astumaan ulos omalta osaamis- ja mukavuusalueeltaan.*

Ongelmaperustainen opetusmenetelmä kuitenkin aktivoi oppilaita toimimaan itsenäisesti ja ryhmissä, etsimään ja arvioimaan tietoa kriittisesti, tekemään itsenäisiä johtopäätöksiä sekä ratkaisemaan ongelmia.” näiden tutkimustulosten perusteella? Kuten todettu, tutkimustuloksia näistä ongelmaperustaisen opetusmenetelmän komponenteista ei juuri saatu pelkän kvantitatiivisen datan perusteella kerättyä, eikä tutkimuskysymyksen hypoteesin toteutumista voida sen vuoksi perustellusti varmentaa. Ongelmaperustainen kokeiluoppitunti suunniteltiin ja toteutettiin kuitenkin hyvin ja mm. Pekrunin (2009), Nurmen (2013), Sulisworon ja Suryanin (2014), Kiurun (2018) sekä Quinnin (2006) edellisissä kappaleissa mainittuja periaatteita noudattaen. Kokeiluoppitunnin valmisteleminen vaati myös tutkijan kokemuksen perusteella enemmän työtä kuin työtä kuin kontrollioppitunti. Näihin ja ongelmaperustaisen opetusmenetelmän teoriaan nojaten, myös kolmannen tutkimuskysymyksen hypoteesi toteutui tutkimuksessa ainakin osittain.

12.2 Luotettavuuden ja eettisyyden tarkastelu

Tässä alaluvussa arvioidaan eettisten periaatteiden noudattamisen onnistumista tutkimuksessa sekä tutkimusmenetelmien ja -välineiden avulla kerätyn tutkimustiedon luotettavuutta, tuoden esille siihen tutkimuksen aikana mahdollisesti vaikuttaneita tekijöitä.

Tutkimuseettisen neuvottelukunnan eli TENK:n (2019) mukaan Suomessa ihmistä tai inhimillistä toimintaa koskevissa tutkimuksissa tulee soveltaa heidän laatimiaan eettisiä tutkimuksen periaatteita. Nämä periaatteet velvoittavat kunnioittamaan jokaisen henkilön ihmisarvoa ja itsemääräämisoikeutta ja kieltävät riskien, vahinkojen tai haittojen aiheuttamisen tutkittaville henkilöille tai kohteille. Eettisten periaatteiden toteutumisesta tulee pitää erityistä huolta silloin, kun tutkimuksen kohteena on alaikäisiä henkilöitä. Henkilön ollessa alle 15-vuotias, tulee heidän osallistumisensa kysyä lisäksi lupa heidän ensisijaiselta huoltajaltaan. Yli 15-vuotiaiden kohdalla heidän oma suostumuksensa riittää, mutta huoltajia tulee silti informoida. Tähän tutkimukseen osallistuneet lukiolaiset oppilaat olivat yli 15-vuotiaita ja heidän osallistumisensa tutkimukseen huomioitiin TENK:n (2019) säätämien tutkimuksen eettisten periaatteiden mukaisesti.

Tuomen ja Sarajärven (2009) mukaan metodikirjallisuudessa tutkimusmenetelmien luotettavuutta käsitellään yleensä validiteetin ja reliabiliteetin käsitteiden avulla. Reliabiliteetti kertoo tutkimustulosten toistettavuudesta eli siitä, miten hyvin toistettavissa tutkimus on jonkun alkuperäisen tutkimuksen ulkopuolisen henkilön toimesta, pelkän dokumentoidun tutkimusraportin perusteella. Validiteetti puolestaan kertoo tutkimuksen pätevyydestä eli siitä, onko tutkimuksessa tutkittu sitä, mitä on väitetty tai yritetty. Seuraavissa kappaleissa

pyritäänkin arvioimaan, miten hyvin tämä tutkimus onnistui toteuttamaan luotettavuuden periaatteita eli reliabiliteettia ja validiteettia. Samalla luotettavuustarkastelun lomassa kerrotaan tutkimuksessa esiintyneistä haasteista.

Koronapandemian kiihtymisvaiheen vuoksi tutkija ei seurannut keväällä 2021 pidettyjä tutkimusoppitunteja. Tämä johti siihen, ettei tutkija saanut mitään henkilökohtaista tai laadullista tietoa oppitunneista, vaan joutui sen sijaan tukeutumaan täysin ryhmän vastuuopettajien kommentteihin sekä alku- ja loppukyselyillä kerättyyn kvantitatiiviseen tietoon. Oppitunnin seuraaminen olisi voinut tuoda uuden näkökulman joihinkin loppukyselyn tuottamiin tutkimustuloksiin ja tarkentaa niiden selityksiä tai tarjota jopa täysin vaihtoehtoisia selityksiä niistä nousseisiin kysymyksille.

Toinen koronapandemian vuoksi estynyt mahdollisuus oli tutkijan toimesta oppituntien pitäminen itse. Tässä vaihtoehdossa olisi ollut sekä omat etunsa että haasteensa. Toisaalta tutkijan toimesta pidettynä oppitunti olisi voitu pitää juuri sellaisena kuin se oli tarkoitettu ja sitä olisi voitu kontrolloida paremmin tutkijan itsensä toimesta. Toisaalta taas omaan opettajaansa tottunut oppilasryhmä olisi vieraan opettajan opetuksessa saattanut toimia oppitunnilla tavallisesta ryhmädynamiikasta ja -toiminnastaan poiketen, kenties johtaen vääristyneisiin tutkimustuloksiin.

Koronaepidemian vuoksi molemmat tutkimusoppitunneista jouduttiin lisäksi järjestämään etänä ja verkkovälitteisesti. Tämä oli erityisen haitallista kokeiluoppitunnin kannalta, sillä sen toteuttaminen oli suunniteltu toteutettavaksi lähiopetuksessa. Sen erityisen tärkeä komponentti oli pienryhmän tiivis ja yhteinen työskentely, mitä etätyöskentely saattoi häiritä pahastikin. Kontrollioppitunnin opettajajohtoista opetusmenetelmää etätyöskentely ei puolestaan juuri liene haitannut, sillä oppilaat eivät työskennelleet sen aikana yhdessä, ja vain opettaja oli pääasiassa äänessä.

Suurin tutkimustulosten luotettavuutta heikentänyt tekijä lienee tutkimusoppituntien opetuksesta vastaavan opettajan vaihtuminen kokeilu- ja kontrollioppituntien välillä. Opettajien vaihdos johtui siitä, että tutkimusryhmiksi muodostuneet KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssin oppilasryhmillä oli alun perin eri vastuuopettajat, eikä kummallakaan heistä ollut kahta yhtäaikaista samaa kurssia suorittavaa ryhmää. Opettajien vaihdos vaikutti ensinnäkin tutkimusoppituntien kulkuun, sillä opettajilla on jokaisella omat tapansa ja tyyliinsä opettaa ryhmiään. Lisäksi heidän persoonallisuutensa erot vaikuttavat mahdollisesti oppilaiden kokemukseen opetuksesta ja oppitunnin ilmapiiristä. Nämä tekijät tekivät tutkimusoppitunneista heikommin vertailukelpoisia, mikä laski niiden reliabiliteettia. Tämän

lisäksi opettajat olivat vastuussa kurssikoetehtävän tarkistamisesta ja pisteytyksestä, joista opettajat laativat molemmat, käyttäen ohjeistusta oman arviointi- ja harkintakykynsä mukaan. Myös tässä suhteessa opettajien persoonallisuuksien erot ovat saattaneet vaikuttaa merkitsevästi koepisteytykseen ja -tuloksiin. Jos tutkimusryhmien opettajia olisi ollut vain yksi, sekä hänen oppituntinsa että hänen koetehtävän arviointinsa olisi ollut yhtenevä ja siten paljon vertailukelpoisempaa. Yksi keino, jolla tutkija olisi voinut parantaa tutkimustulosten reliabiliteettia tässä olisi ollut tarkistaa kurssikoetehtävä itse. Siten hän olisi yksin ollut vastuussa kokeen pisteytyksestä ilman toisen henkilön arvioinnin eroavuuksista seuraavaa häiriötä tuloksiin. Tämä olisi kuitenkin ollut haastavaa, sillä kurssien vastuuopettajat korjasivat kurssikokeen muuten itsenäisesti ja omilla mieltymyksillään pisteytyksen suhteen. Kokeen korjauksen kiireellisyys olisi myös vaikeuttanut tässä onnistumista. Opettajan olisi jotenkin pitänyt välittää oppilaiden koetehtävän vastaukset anonymisti tutkijalle niin, ettei tutkija olisi voinut yhdistää vastauksia yksittäisiin henkilöihin. Sitten tutkijan olisi pitänyt arvioida ja pisteyttää tehtävät ja lähettää arviointinsa takaisin opettajalle. Tämän jälkeen opettajan olisi jotenkin yhdistettävä tehtävät uudelleen yksittäisiin oppilaisiinsa ja annettava heille arvosana kokeesta säädetystä ajassa kokeen pitämisen jälkeen. Yksi vaihtoehto olisi kenties ollut lähettää koevastaukset tutkijalle anonymisti ja edelleen arvioida ne itsenäisesti. Näin tutkijan arviointia ei olisi tarvittu kurssin oppilaiden kurssisuorituksen kirjaamiseen, ja tutkijan arviointitulokset olisivat jääneet pelkästään tässä tutkimuksessa hyödynnettäviksi.

Kokeiluoppitunnin vastuuopettajan kommenttien ja loppukyselyn vapaan palauteosion vastausten perusteella ilmeisesti kaksi oppilaista oli tullut myöhässä oppitunnille. Opettajan mukaan näitä oppilaita ei enää ollut liitetty osaksi oppitunnin alussa tehtyjä pienryhmiä, vaan he joutuivat ratkaisemaan ongelmaperustaisen oppitunnin ongelmaa itsenäisesti. Tämä saattoi tuottaa ongelmia, niin oppilaiden oppimisprosessien kuin tutkimusten tulostenkin suhteen. Kokeiluoppitunnin ongelma oli tosiaankin suunniteltu pätevien pienryhmien ratkaistavaksi, eikä yhden oppilaan oletettukaan olevan kykenevä suorittamaan sitä itsenäisesti yhden oppitunnin aikana. Mahdollisten epäonnistumisten kokemusten yhteydessä nämä oppilaat ovat saattaneet kokea oppitunnin ja sillä käytetyn opetusmenetelmän negatiiviseksi, mitä heidän loppukyselynsä vastaukset ovat mahdollisesti myös reflektoineet ja siten kenties vääristäneet tutkimustuloksia kokeiluoppitunnin suhteen. Tätä ei kuitenkaan voitu varmentaa, sillä kyseessä oli anonymi kysely, jolloin yksittäisiä oppilaita ja heidän vastauksiaan oli mahdotonta yhdistää. Näin ollen loppukyselyn tutkimustuloksia mahdollisesti vääristäneitä vastauksia ei myöskään voitu hylätä tai jättää huomiotta.

Molempien opetuspakettien laatimiseen käytettiin paljon aikaa ja niiden rakentamisessa konsultoitii tutkielman ohjaajaa useaan otteeseen, hioen opetuspakettien sisältöjä ja menetelmiä. Opetuspaketeista muotoutui lopulta lukiolaisten kohderyhmälle hyvän tasoinen ja sen sisällöistä KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssin suhteen osuvat. Loppukyselyn perusteella saatiin myös palautetta toisesta opetuspaketista kokeiluryhmän oppilailta, jotka kokivat kokeiluoppitunnin haastavuuden sopivaksi ja sen sisällön mielekkääksi sekä aktivoivaksi. Opetuspakettien laatuun panostaminen paransi tutkimuksen ja tutkittavien opetusmenetelmien pätevyyttä.

Alkukyselyyn valmisteltiin kaksi ja loppukyselyyn yksi sellainen monivalintakysymys, johon oli useampi kuin yksi oikea vastaus. Tehtävänä näiden kysymysten oli tarkoitus olla haastavampia kuin yhden oikean vastauksen monivalintakysymykset ja tämä piti kyllä paikkansa. Tutkija ei kuitenkaan osannut ottaa huomioon sitä, ettei Webropol -ohjelmisto luokitellut oppilaiden vastauksia yksittäisen henkilön suorituksiksi, vaan antoi dataa ainoastaan kaikkien oppilaiden kollektiivisista vastauksista sekoittaen yksittäisten henkilöiden vastaukset keskenään. Tämä teki mahdottomaksi laskea oikeiden vastausten määrät tutkimusryhmien sisällä, sillä sama henkilö on voinut valita esimerkiksi vain yhden oikeista vastauksista ja kaksi väärää. Tätä ei kuitenkaan voitu Webropol -ohjelmiston tehtävien lajittelutavan vuoksi tarkistaa. Tästä syystä kaikki kolme useamman kuin yhden oikean vastauksen sisältävää monivalintatehtävää jouduttiin kaikki jättämään tutkimuksessa huomiotta.

Toisin kuin alun perin suunniteltiin, loppukysely pidettiin vasta tutkimusoppitunteja seuraavien oppituntien aluksi. Lyhytkestoisen työmuistin testaamiseksi olisi ollut parempi pitää loppukysely välittömästi oppitunnin jälkeen, jotta loppukyselyyn saadut vastaukset olisivat reflektoineet mahdollisimman hyvin työmuistin sisältöä. Strobel ja Van Barneveld (2009) nimittäin kertovat, että opettajajohtaisen opetusmenetelmän lyhytkestoiseen muistiin tallentuneet oppimistulokset näkyvät parhaiten opitun asian muistamisena ja nopeampana mieleen palauttamisena välittömästi oppimistilanteen jälkeen. Loppukyselyn pitäminen oppitunnin päätteeksi osoittautui kuitenkin mahdottomalta, sillä itse oppitunnin kesto oli vain 75 minuuttia ja tutkimusoppituntien sisältö – erityisesti ongelmaperustaisen kokeiluoppitunnin ongelman ratkaiseminen – kuluttivat jo itsessään sen lähes kokonaan. Tätä lievitti kuitenkin hieman se, että kyseisten KE2 Ihmisen ja elinympäristön kemiaa -kurssien opetus oli tiheää ja tapahtui kolme kertaa viikossa. Tutkimusoppitunnin ja sitä seuraavan oppitunneilla oli siis vain pieni väli. Toisaalta tämä väli saattoi olla tutkimusryhmien kesken erilainen, esimerkiksi kokeiluryhmällä se on saattanut olla vain yhden päivän mittainen, kun kontrolli ryhmällä se on saattanut olla kahdenkin päivän mittainen. Tästä ei ole varmuutta, mutta jos tämä oli tilanne, se

on vähentänyt tutkimusryhmien välisten tulosten vertailukelpoisuutta ja siten koko tutkimuksen validiutta.

Alku- ja loppukyselyissä hyödynnettiin triangulaatiota tukemaan niiden avulla kerätyn tutkimustiedon validiteettia. Kyselyiden Likert-asteikollisten kysymysten vastauksille onnistuttiin löytämään tukea avointen kysymysten vastauksista. Kyselyiden perusteella kerätyistä tutkimustuloksista tuli näin vähemmän tulkinnanvaraisia, sillä triangulaation avulla samoille tuloksille saatiin varmennusta useammasta erityyppisestä lähteestä.

Koetehtävän kohdalla esiintyi vastaava validiuteen liittyvä haaste kuin loppukyselyssäkin. On nimittäin kyseenalaista, testasiko koetehtävä oikeasti pitkäkestoista muistia yhtä hyvin kuin haluttiin. Vaikka kurssikoe pidettiin pitkän ajan (yli kuukauden) kuluttua tutkimusoppitunneista, se ei välttämättä mitannut pitkäkestoista muistia kovinkaan hyvin. Tämä johtuu siitä – kuten aiemmin luvussa 12.1 on todettu – että oppilailla on tapana opiskella suuria määriä kurssin sisältöä juuri ennen koetta ja kerrata oppitunneilla käsiteltyjä asioita ennen kokeen tekemistä. Tällainen kurssikoetta mahdollisesti edeltänyt opiskelu ja kertaus on voinut palauttaa tutkimusoppitunnin aihealueen sisältöjä oppilaiden lyhytkestoiseen muistiin juuri ennen koetta, jolloin varsinainen koetehtävä testaisi kenties enemmän oppilaiden lyhytkestoista muistia kuin pitkäkestoista muistia.

Toinen koetehtävän validiutta mahdollisesti heikentänyt seikka oli se, että kokeeseen osallistui myös sellaisia oppilaita, jotka eivät olleet tutkimusoppitunneilla mukana. Heidän vastauksensa eivät siis myöskään voi reflektoida tutkimusoppitunneilla hyödynnettyä opetusmenetelmää ja siten tekevät virhettä koetehtävän tutkimustuloksiin. Myöskään näitä koevastauksia ei voitu hylätä, sillä oppilaita ei anonymiteetin takia voitu yhdistää heidän antamiin vastauksiinsa. Tällaisia koevastauksia oli kokeiluryhmässä neljä ja kontrolliryhmässä kolme kappaletta.

Itsessään koetehtävä oli monipuolinen ja testasi tutkimusoppitunneilla käsiteltyjä sisältöjä hyvin. Koetehtävän osioissa a–d esiintyi kuitenkin jonkin verran virheen siirtymistä. Tämä tarkoitti sitä, että jos oppilas ei löytänyt ratkaisua osioihin a ja b, osioiden c ja d ratkaiseminen oli vaikeaa tai mahdotonta. Toisaalta koetehtävä oli rakennettu niin, että tehtävä vaikeutui siirryttäessä osiosta a kohti osiota d joka tapauksessa, eikä oppilas luultavasti osaisi vastata osioihin c ja d muutenkaan, jos hän ei osannut vastata osioon a tai b.

Tutkimuksen toteutus pyrittiin kuvaamaan täsmällisesti ja yksityiskohtaisesti. Raportointiin käytettiin tutkielmassa erityistä tarkkuutta ja sen hyvästä laadusta pyrittiin pitämään kiinni. Kaikki tutkimuksen toteuttamista ja toistamista varten oleelliset asiat tuotiin esille tutkielman luvussa 10. Tämä ylläpiti tutkimuksen luotettavuutta parantamalla sen reliabiliteettia.

Tutkielman johtopäätöksissä hyödynnettiin johdonmukaisesti ja jatkuvasti tutkielman teoreettista viitekehystä tukemaan ja selittämään tutkimuksesta saatuja tutkimustuloksia. Teoreettisen viitekehysten ja tutkimustulosten väliltä löytyi paljon toisiaan vastaavia yhtäläisyyksiä ja tekijöitä, joiden perusteella johtopäätöksille saatiin paljon lisäarvoa. Laadukas yhteys teorian ja käytännön välillä täydensi tutkimusta ja paransi siten sen validiteettia.

13 Yhteenveto

Tässä tutkimuksessa osoitettiin, että ongelmaperustaisen opetusmenetelmän hyödyntämisellä on kemian oppiaineen – erityisesti spektroskopian – opetuksessa monia oppilaiden kognitiiviseen toimintaan liittyviä etuja suhteessa opettajajohtoiseen opetusmenetelmään. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä ei kuitenkaan ole suvereenisti opettajajohtoista opetusmenetelmää kokonaisvaltaisesti parempi, vaan myös sen sisältä löytyy omia haasteita. Tämän tutkimuksen teoreettinen viitekehys ja käytännön toteutus molemmat esimerkiksi osoittivat, että ongelmaperustainen opetusmenetelmä on usein opettajajohtoiseen opetusmenetelmään verrattuna työläämpi, eikä välttämättä tuota yhtä hyviä arvosanoja erilaisista oppimiskokonaisuuksista, kuten lukion kurseista. Tämän luvun seuraavissa kappaleissa kootaan tämän tutkimuksen merkittävimmät tutkimustuloksista kummunneet johtopäätökset.

Tutkimuksessa oppimistulosten vertailu ongelmaperustaisen ja opettajajohtoiseen opetusmenetelmän välillä kärsi niiden luotettavuutta heikentävien tekijöiden vaikutuksista, eikä täysin vankkumattomia johtopäätöksiä ongelmaperustaisen opetusmenetelmän avulla opetetun kokeiluryhmän paremmista oppimistuloksista työmuistin suhteen voitu näin ollen väittää löytyneen. Ehdotettiin kuitenkin, että tutkimusoppitunneilla esiintyneen tiedon luonteella ja niille osallistuneiden oppilaiden kognitiivisen kyvykkyyden tason suhteella lienee ollut merkittävä vaikutus muodostuneiden oppimistulosten määrälle ja laadulle. Tutkimuksessa pystyttiin nimittäin osoittamaan, että kokeiluoppitunnilla ongelmaperustaisen opetusmenetelmän avulla oppilaille välittynyt tieto suosi tyyliltään konkreettisten operaatioiden vaiheessa olevia oppijoita selkeästi enemmän kuin opettajajohtoinen opetusmenetelmä, joka palveli puolestaan enemmän formaalien operaatioiden vaiheessa olevia oppijoita. Nykypäivän lukiolaisten ollessa vielä pääasiassa konkreettisten operaatioiden vaiheessa, on ongelmaperustainen opetusmenetelmä siis tutkimusoppitunnilla tukenut heidän kykyään käsittää esitettyä spektroskopiaan liittyvää tietoa selkeästi opettajajohtoista opetusmenetelmää paremmin, ja siten positiivisesti myötävaikuttanut oppilaiden työmuistiin tallentuneiden oppimistulosten laatuun ja määrään.

Opettajajohtoisen opetusmenetelmän tuottamat yliveritaiset tulokset kurssikoetehtävissä puolestaan tukivat aiempia – kuten Strobelin ja Van Barneveldin (2009) – teorioita opettajajohtoisen opetusmenetelmän tehokkuudesta ansaita hyviä arvosanoja oppimistehtävistä lyhyellä aikavälillä ja välittömästi oppimistapahtuman jälkeen. Opetusmenetelmien säilömuistiin vaikuttavien erojen testaamisessa puolestaan epäonnistuttiin, eikä siihen liittyviä tutkimustuloksia saatu.

Opetusmenetelmien oppimismotivaation määrään, laatuun ja luonteeseen vaikuttavien erojen vertailussa ja arvioinnissa onnistuttiin hyvin. Opetusmenetelmien väliset erot kumpusivat pääasiassa kokeiluoppitunnin aktivoivasta oppimistyylistä, oppitunnin aikana koetuista myönteisistä tunnekokemuksista ja ongelman sekä sen ratkaisemisen mielenkiintoisuudesta; mutta samalla myös kontrollioppitunnin yksitoikkoisuudesta ja vain opettajaan keskittyvästä otteesta. Ongelmaperustainen opetusmenetelmä johtikin opettajajohtoista opetusmenetelmää laadultaan parempaan, määrältään suurempaan ja luonteeltaan sisäsyntyisempään oppimismotivaatioon.

Ongelmaperustaisessa opetusmenetelmässä on lisäksi useita muita kuin vain oppimistuloksiin ja -motivaatioon liittyviä oppivan yksilön kehitystä tukevia ainutlaatuisia ulottuvuuksia, jotka eivät esiinny yhtä merkittävässä roolissa muissa – kuten opettajajohtoisissa – opetusmenetelmissä. Näitä ovat erityisesti itseohjautuvuuden, ongelmanratkaisun, tiedonhaun, kriittisen ajattelun ja ryhmätyöskentelyn taitojen kehittyminen.

14 Jatkotutkimusideoita

Koronapandemia häiritsi tämän tutkimuksen toteutusta sen monessa vaiheessa. Näiden häiriöiden aiheuttamat vaikutukset olivat kaiken kaikkiaan laajat ja näkyivät erityisen negatiivisesti tutkimuksen luotettavuudessa – pääasiassa validiuden kohdalla. Tutkimus on kuitenkin pyritty dokumentoimaan siten, että sen uudelleen toteuttaminen olisi helppoa. Tutkimuksen tuloksista ja siten sen johtopäätöksistä voitaisiin saada huomattavasti pätevämpiä sekä tehokkaampia, toteuttamalla tutkimus uudestaan koronapandemian ja sen aiheuttamien rajoitusten väistyttyä.

Tämän tutkimuksen kokeiluryhmälle pidetyn loppukyselyn avulla kerätty data jakoi monen kysymyksen kohdalla paljon kokeiluryhmän oppilaiden mielipiteitä. Tämän arvioitiin johtuneen oppilaiden kokemattomuudesta ongelmaperustaisessa opetusmenetelmässä ja taidottomuutena vastata sen hyvin perinteisistä opetusmenetelmistä poikkeaviin vaatimuksiin, kuten itseohjautuvuuteen. Tutkimustulosten luotettavuuden parantamiseksi olisi hyvä valita uudeksi kokeiluryhmäksi sellainen oppilaiden joukko, joka on jo entuudestaan tuttu

ongelmaperustaisen opetusmenetelmän toimintamallin kanssa ja on kenties saanut sen mukaista opetusta jo pidemmän aikaa. Tässä tutkimuksessa asetelma oli nyt nimittäin hieman epäreilu, sillä kokeiluryhmälle ongelmaperustainen opetusmenetelmä näyttäytyi melko uutena, siinä missä opettajajohtoinen opetusmenetelmä oli kontrolliryhmälle todella tuttu. Tämä ero on mahdollisesti vaikuttanut tutkimuksen oppimistuloksista ja -motivaatiosta saatuihin tutkimustuloksiin opettajajohtoisesta opetusmenetelmästä eduksi, kuten luvussa 12.1 arvioitiin. Edellä ehdotettu muutos tasapainottaisi tätä häiriötekijää ja kannattaisi ottaa huomioon, jos aiheesta tehtäisiin jatkotutkimusta.

Tässä tutkimuksessa pyrittiin erottelemaan ja vertailemaan ongelmaperustaisen opetusmenetelmän ja opettajajohtoisesta opetusmenetelmästä yhteisiä ja kenties yleisimpiä ulottuvuuksia: oppimistuloksia ja oppimismotivaatiota. Ongelmaperustaisen opetusmenetelmän monipuolisen ja muista opetusmenetelmistä poikkeavan luonteen vuoksi olisi kuitenkin perusteltua tutkia tarkemmin myös sitä muista opetusmenetelmistä erottavia piirteitä ja niiden mahdollisia vaikutuksia esimerkiksi oppilaiden kokemusten, toiminnan ja tulevaisuuden kannalta. Voisi olla arvokasta esimerkiksi selvittää miten itseohjautuvuuden, ongelmanratkaisun, tiedonhaun, kriittisen ajattelun ja ryhmätyöskentelyn taitojen kehittyminen lukioiässä vaikuttaa oppilaiden suuntautumiseen jatkokoulutukseen hakiessaan tai myöhemmin työllistyessään ja sitä kautta löytää kenties uusia näkökulmia tai syitä ongelmaperustaisen opetusmenetelmän hyödyntämiselle.

15 Kirjallisuus

- Banich, M. T., & Compton, R. J. (2018). *Cognitive neuroscience*. Cambridge University Press.
- Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. *New Directions for Teaching and Learning*, 68, 3-12.
- Basso, A., Chiorri, C., Bracco, F., Carnasciali, M. M., Alloisio, M., & Grotti, M. (2018). Improving the interest of high-school students toward chemistry by crime scene investigation. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(2), 558-566.
- Boud, D., & Feletti, G. (1997). *The challenge of problem-based learning*. Psychology Press.
- Bridges, Edwin M. (1992). *Problem based learning for administrators*. eric.ed.gov.
- Bridges, Edwin M. (1997). *Using problem-based learning to prepare educational leaders*. Taylor & Francis.
- Chatwal, G. R. & Anand, S. K. (2009). *Spectroscopy: Atomic and molecular*. Himalaya publishing house.

- Chemistry LibreTexts. (31.5.2020). *Infrared (IR) Spectroscopy*.
[https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Map%3A_Organic_Chemistry_\(Wade\)/11%3A_Infrared_Spectroscopy_and_Mass_Spectrometry/1.02%3A_The_Infrared_Region](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Map%3A_Organic_Chemistry_(Wade)/11%3A_Infrared_Spectroscopy_and_Mass_Spectrometry/1.02%3A_The_Infrared_Region).
- Childs, P. E. (2009). Improving chemical education: Turning research into effective practice. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(3), 189-203.
- Delisle, R. (1997). *How to use problem-based learning in the classroom*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Dimitrios, B., Labros, S., Nikolaos, K., Koutiva, M., & Athanasios, K. (2013). Traditional teaching methods vs. teaching through the application of information and communication technologies in the accounting field: Quo Vadis?. *European Scientific Journal*, 9(28).
- Dobbs, V. (2008). *Comparing student achievement in the problem-based learning classroom and traditional teaching methods classroom* [Väitöskirja, Walden University].
<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28007>.
- Dolmans, D. H. & Schmidt, H. (1996). The advantages of problem-based curricula. *Postgraduate Medical Journal*, 72(851), 535-538.
- Dolmans, D. H., Loyens, S. M., Marcq, H. & Gijbels, D. (2016). Deep and surface learning in problem-based learning: A review of the literature. *Advances in Health Sciences Education*, 21(5), 1087-1112.
- Edelson, D. C. (2002). Design research: What we learn when we engage in design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11, 105-121.
- Eilks, I., & Hofstein, A. (2013). *Teaching chemistry—a studybook: A practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers*. Springer Science & Business Media.
- El-Anzi, F. O. (2005). Academic achievement and its relationship with anxiety, self-esteem, optimism, and pessimism in Kuwaiti students. *Social Behavior and Personality: An International Journal*, 33(1), 95-104.
- Fessenden, R.J. & Fessenden J. S. (1998). *Organic chemistry*. Brooks.
- Gross, J. H. (2006). *Mass spectrometry: A textbook*. Springer.
- Guthrie, G. (1990). To the defense of traditional teaching in lesser-developed countries. *Teachers and teaching in the developing world*, 8, 219-232.
- Harlen, W., & Deakin Crick, R. (2003). Testing and motivation for learning. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 10(2), 169-207.
- Haslam, N. (2007). Introduction to personality and intelligence. Sage.
- Heick, T. (19.9.2019). *The Assimilation vs Accommodation Of Knowledge*.
<https://www.teachthought.com/learning/assimilation-vs-accommodation-of-knowledge/>.

- Heider, F. (1983). *The psychology of interpersonal relations*. Psychology Press.
- Huitt, W., & Hummel, J. (2003). Piaget's theory of cognitive development. *Educational Psychology Interactive*, 3(2), 1-5.
- Hung, W. 2009. The 9-step problem design process for problem-based learning: Application of the 3C3R model. *Educational Research Review*, 4(2), 118-141.
- Hunt, I. (28.1.2021). *Ch13 - Sample IR spectra*.
<https://www.chem.ucalgary.ca/courses/350/Carey5th/Ch13/ch13-ir-4.html>.
- Jansson, S., Söderström, H., Andersson, P. L., & Nording, M. L. (2015). Implementation of problem-based learning in environmental chemistry. *Journal of Chemical Education*, 92(12), 2080-2086.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701–705.
- Kaur, H. (2009). *Spectroscopy*. Pragati Prakashan.
- Kemppainen, M. (11.9.2014). *OPS – uudistus 2012 – 2016 miksi ja miten suomalaiset opetussuunnitelmat muuttuvat?*
https://osaavasiikalatva.files.wordpress.com/2014/09/miksi-ja-miten-ops-muuttuu_mk_110914.pdf.
- Kiuru, N. (2018). Kaveriverkostot ja oppimismotivaatio. Teoksessa K. Salmela-Aro (toim.), *Motivaatio ja oppiminen* (s. 123-124). PS-kustannus.
- Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L. (2016). *Mooli 2: Ihmisen ja elinympäristön kemiaa*. Otava.
- Lonka, K., Hietajärvi, H., Hohti, R., Nuoreva, M., Rainio A, Sandström, N., Vaara, L. & Westling, S. (2015). Ilmiölähtöisesti kohti innostavaa oppimista. Teoksessa H. Cantell (toim.), *Näin rakennat monialaisia oppimiskokonaisuuksia* (s. 49-76). PS-kustannus.
- Mahaffy, P. (2004). The future shape of chemistry education. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 5(3), 229-245.
- Martini, F., H., Nath, J., L., & Bartholomew, E., F. (2018). *Fundamentals of anatomy & physiology*. Pearson Education.
- Mataka, L. M., & Kowalske, M. G. (2015). The influence of PBL on students' self-efficacy beliefs in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 929-938.
- Maudsley, G. & Strivens, J. (2000). Promoting professional knowledge, experiential learning and critical thinking for medical students. *Medical Education*, 34(7), 535-544.
- McLeod, S. A. (2020). Lev Vygotsky's sociocultural theory.
<https://www.simplypsychology.org/vygotsky.html>.
- Mellin, I. (2006). *Tilastolliset menetelmät: Lineaarinen regressioanalyysi*.
<https://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Johdanto.pdf>.

- Newble, D. I. & Clarke, R. M. (1986). The approaches to learning of students in a traditional and in an innovative problem-based medical school. *Medical Education*, 20(4), 267-273.
- NIST. (20.5.2019a). *Codata value: Electron mass*. https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?me|search_for=electron+mass.
- NIST. (20.5.2019b). *Codata value: Proton mass*. https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mp|search_for=proton+mass.
- NIST. (20.5.2019c). *Codata value: Neutron mass*. https://physics.nist.gov/cgi-bin/cuu/Value?mn|search_for=neutron+mass.
- NIST. (2021a). *Acetone*. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=67-64-1>.
- NIST. (2021b). *Ethanol*. <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C64175&Mask=200>.
- Nurmi, J. E. (2013). Motivaation merkitys oppimisessa. *Kasvatus: Suomen Kasvatustieteellinen Aikakauskirja*, 44(5), 548-554.
- Opettaja. (19.10.2018). *Monen opettajan mieli kipuilee, mutta uskaltaako siitä kertoa muille?* <https://www.opettaja.fi/tyossa/monen-opettajan-mieli-kipuilee-mutta-uskaltaako-siita-kertoa-muille/>.
- Opetushallitus, (7.11.2019). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019*. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2019.pdf.
- Opetushallitus, (13.11.2015). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015*. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf.
- Opetushallitus, (16.6.2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf.
- Óskarsdóttir, G., & Jónasson, J. T. (2015). Quiet pupils can be effective learners. *Nordic Studies in Science Education*, 11(3), 238-248.
- Overton, T. L. & Randles, C. A. (2015). Beyond problem-based learning: Using dynamic PBL in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 251-259.
- Pedersen, S. (2003). Motivational orientation in a problem-based learning environment. *Journal of Interactive Learning Research*, 14(1), 51-77.
- Pekrun, R. (2009). Emotions at school. Teoksessa K.R. Wenzel & A. Wigfield (toim.), *Handbook of motivation at school* (s. 575-604). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Pernaa, J. (2011). *Kehittämistutkimus: Tieto- ja viestintäteknikkaa kemian opetukseen* [Väitöskirja, University of Helsinki].
- Piaget, J. (1976). Piaget's theory. Teoksessa B. Inhelder, H. H. Chipman & C. Zwingmann (toim.), *Piaget and his school* (s. 11-23). Springer.

- Poikela, E., & Poikela, S. (1999). Kriittisyys ja ongelma- perustainen oppiminen. Teoksessa J. Järvinen-Taubert & P. Valtonen (toim.), *Kriittisyyteen kasvu korkeakouluopetuksessa* (s. 167-185). TAJU.
- Poikela, E. (2002). *Ongelma- perustainen pedagogiikka: Teoriaa ja käytäntöä*. Tampere University Press.
- Poikela, E., & Poikela, S. (2005). *Ongelmista oppimisen iloa: Ongelma- perustaisen pedagogiikan kokeiluja ja kehittämistä*. Tampere University Press.
- Poikela, S. (2003). *Ongelma- perustainen pedagogiikka ja tutorin osaaminen*. Tampere University Press.
- Quinn, P. (2006). *Cooperative learning and student motivation* [Pro gradu, State University of New York].
- Roopa, S., & Rani, M. S. (2012). Questionnaire designing for a survey. *Journal of Indian Orthodontic Society*, 46(4), 273-277.
- Savery, J. R. & Duffy, T. M. (1995). Problem based learning: An instructional model and its constructivist framework. *Educational Technology*, 35(5), 31-38.
- Scheurs, J., & Dumbraveanu, R. (2014). A shift from teacher centered to learner centered approach. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 4(3), 36-41.
- Schug, M. C. (2003). Teacher-centered instruction. Teoksessa J. S. Leming, L Ellington & K Porter (toim.), *Where did social studies go wrong?* (s. 94-110). ERIC.
- Schwerdt, G., & Wuppermann, A. C. (2011). Is traditional teaching really all that bad? A within-student between-subject approach. *Economics of Education Review*, 30(2), 365-379.
- Shayer, M., & Adey, P. (1981). *Towards a science of science teaching: Cognitive development and curriculum demand*. Heinemann Educational Publishers.
- Shayer, M., Ginsburg, D., & Coe, R. (2007). Thirty years on—a large anti - Flynn effect? The Piagetian test volume & heaviness norms 1975–2003. *British Journal of Educational Psychology*, 77(1), 25-41.
- Smith, J., G. (2017). *Organic chemistry*. McGraw-Hill Education.
- Souri, H., & Hasanirad, T. (2011). Relationship between resilience, optimism and psychological well-being in students of medicine. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 30, 1541-1544.
- Stemler, S. E. (2015). Content analysis. Teoksessa R. Scott & S. Kosslyn (toim.), *Emerging trends in the social and behavioral sciences: An interdisciplinary, searchable, and linkable resource* (s. 1-14). John Wiley & Sons.
- Stepien, W., & Gallagher, S. (1993). Problem-based learning: As authentic as it gets. *Educational Leadership*, 50, 25-25.

- Strobel, J., & Van Barneveld, A. (2009). When is PBL more effective? A meta-synthesis of meta-analyses comparing PBL to conventional classrooms. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 3(1), 4.
- Sulisworo, D., & Suryani, F. (2014). The effect of cooperative learning, motivation and information technology literacy to achievement. *International Journal of Learning & Development*, 4(2), 58-64.
- Sutton, P. S., & Knuth, R. (2017). A schoolwide investment in problem-based learning. *Phi Delta Kappan*, 99(2), 65-70.
- Taber, K. S. (2020). Mediated learning leading development – The social development theory of Lev Vygotsky. Teoksessa B. Akpan & T. K. Kennedy (toim.), *Science education in theory and practice* (s. 277-291). Springer.
- TENK. (2019). *Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa*. https://tenk.fi/sites/default/files/2021-01/Ihmistieteiden_eettisen_ennakoarvioinnin_ohje_2020.pdf
- Topping, K. (2003). Self and peer assessment in school and university: Reliability, validity and utility. Teoksessa M. Segers, F. Dochy & E. Cascallar (toim.), *Optimising new modes of assessment: In search of qualities and standards* (s. 55-87). Springer.
- Tro, N., J. (2014). *Chemistry A Molecular Approach*. Pearson Education.
- Valdez, J. E., & Bungihan, M. E. (2019). Problem-based learning approach enhances the problem solving skills in chemistry of high school students. *JOTSE*, 9(3), 282-294.
- Vasalampi, K., Kiuru, N., & Salmela-Aro, K. (2018). The role of a supportive interpersonal environment and education-related goal motivation during the transition beyond upper secondary education. *Contemporary Educational Psychology*, 55, 110-119.
- Vaskuri, J. (2017). *Oppiennäytksistä opetussuunnitelman perusteisiin: Lukion kemian kansallisen opetussuunnitelman kehittyminen suomessa vuosina 1918-2016* [Väitöskirja, University of Jyväskylä]. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/53237>.
- Vygotsky, L. (1978). Interaction between learning and development. *Readings on the Development of Children*, 23(3), 34-41.
- Weiss, R. E. (2003). Designing problems to promote higher - order thinking. *New Directions for Teaching and Learning*, 2003(95), 25-31.
- Wood, K. C., Smith, H., & Grossniklaus, D. (2001). Piaget's stages of cognitive development. Teoksessa Orey, M. (toim.), *Emerging perspectives on learning teaching and technology*. University of Georgia.
- Yates, S. M. (2002). The influence of optimism and pessimism on student achievement in mathematics. *Mathematics Education Research Journal*, 14(1), 4-15.

Yleisradio. (14.9.2020). *Vuoden 2020 syksyn kemian YO-kokeen spektroskopian tehtävä.* http://yle.fi/plus/abitreenit/2020/syksy/2020-09-14_KE_fi/index.html#9.

Yleisradio, & Kröger, T. (23.3.2020). *Opettajat taantumassa työtaakan alle.* <https://yle.fi/uutiset/3-11274552>.

YouTube. (1.12.2021). *Labramysteeri.* <https://www.youtube.com/watch?v=RsYyhY8d--o>.

Liitteet

Liite 1: Tutkimusryhmille yhtäläinen alkukysely.

Liite 2: Kokeiluryhmän loppukysely.

Liite 3: Kontrolliryhmän loppukysely.

Liite 4: Tutkimusryhmille yhtäläinen kurssikoetehtävä ja sen ratkaisut.

Liite 5: Kokeiluryhmän oppituntisuunnitelma.

Liite 6: Kokeiluryhmän tehtävämoniste.

Liite 7: Kokeiluoppitunnin mysteerin tuntemattoman aineen (propanaali) massaspektri.

Liite 8: Kontrollioppitunnin mysteerin tuntemattoman aineen (propanaali) IR-spektri.

Liite 9: Kontrolliryhmän oppituntisuunnitelma.



Alkukysely

i Pakolliset kentät merkitään asteriskilla (*) ja ne tulee täyttää lomakkeen viimeistelemiseksi.

SIVU 1/2

1. Valitse lukion kemian kurssit, jotka olet suorittanut ja läpäissyt. *

- Ke1
- Ke2
- Ke3
- Ke4
- Ke5
- Kemian kertauskurssi

2. Mikä oli kemian päätösarvosanasi yläkoulusta? *

4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Mikä on kemian numerosi Ke1 kurssilta? *

4	5	6	7	8	9	10
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Mitä mieltä olet kemian opiskelun haastavuudesta? *

- 1 = Liian vaikeaa
- 2 = Melko vaikeaa
- 3 = Jokseenkin vaikeaa
- 4 = Sopivan haastavaa
- 5 = Jokseenkin helppoa
- 6 = Melko helppoa
- 7 = Liian helppoa

5. Miten paljon pidät kemian opiskelusta? *

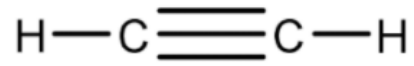
- 1 = Todella vähän
- 2 = Melko vähän
- 3 = Kohtalaisesti
- 4 = Melko paljon
- 5 = Todella paljon

6. Aion jatkaa kemian opintoja Ke2 kurssin jälkeen. *

- 1 = Täysin eri mieltä
- 2 = Jokseenkin eri mieltä
- 3 = En samaa, enkä eri mieltä
- 4 = Jokseenkin samaa mieltä
- 5 = Täysin sama mieltä
- En osaa sanoa

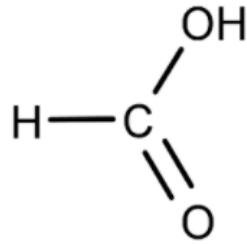
SIVU 2/2

7. Kuvan yhdisteen moolimassa on noin 26 g/mol. *



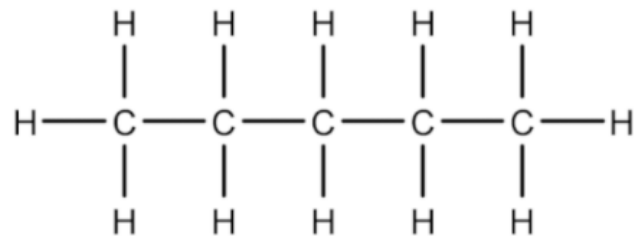
- Kyllä
 Ei

8. Mikä on suurin piirtein kuvan yhdisteen moolimassa? *



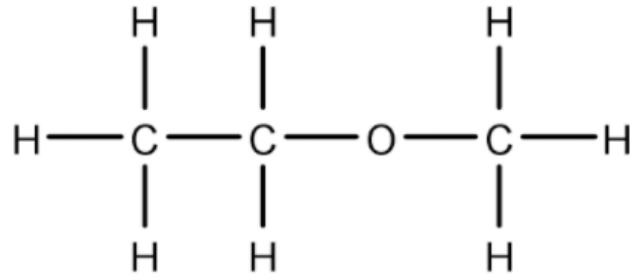
- 26 g/mol
 31 g/mol
 36 g/mol
 44 g/mol
 46 g/mol

9. Kuvan yhdiste on penteeni *



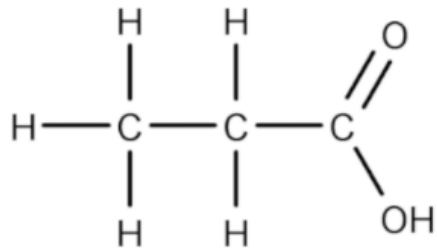
- Kyllä
 Ei

10. Kuvan yhdisteessä esiintyy karbonyyliryhmä *



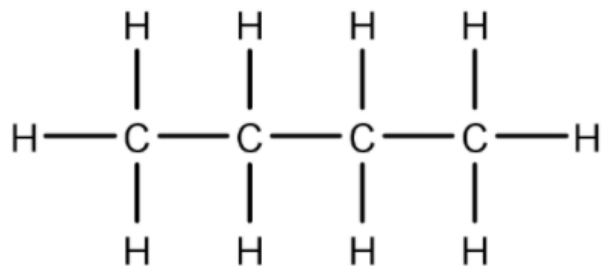
- Kyllä
 Ei

11. Kuvan yhdiste on karboksyylihapo *



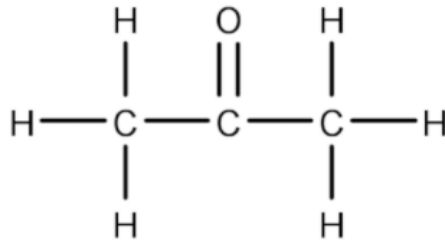
- Kyllä
 Ei

12. Mikä on kuvan yhdisteen nimi? *



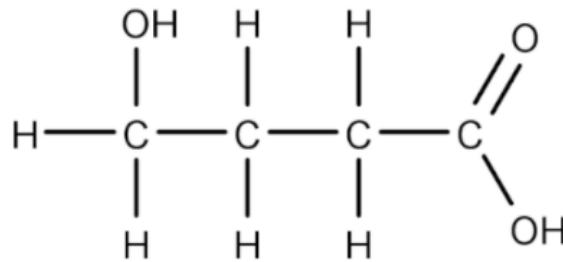
- Heksaani
 Butaani
 Propaani
 Etaani
 Pentaani

13. Mikä on kuvan yhdisteen nimi? *



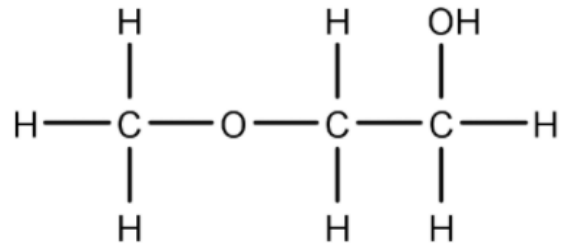
- Propyyini
- Propanoli
- Propanoni
- Propaanihappo
- Propanaali

14. Mitä funktionaalisia ryhmiä yhdisteessä on? *



- Hydroksyyli ryhmä
- Aminoryhmä
- Esteriryhmä
- Karbonyyli ryhmä
- Alkoksiryhmä
- Karboksyyli ryhmä
- Fenyyliryhmä

15. Mihin yhdisteryhmiin kuvan yhdiste kuuluu? *



- Alkoholit
- Karboksyylihapot
- Eetterit
- Alkeenit
- Ketonit
- Aldehydit
- Esterit



Loppukysely

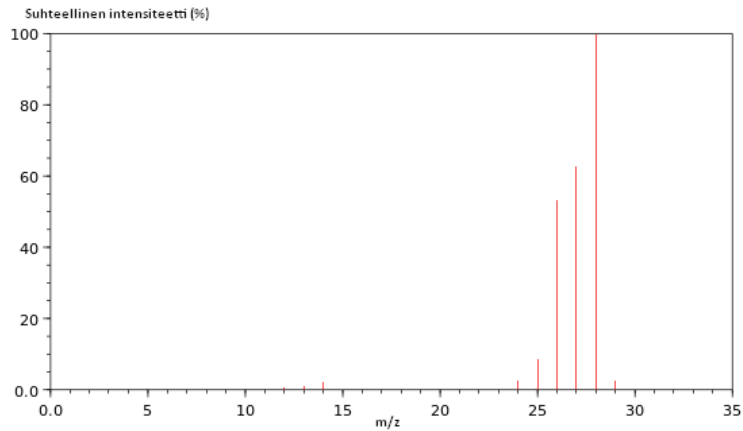
SIVU 1/4

1. Kerro lyhyesti, mitä tietoa massaspektrometrialla voidaan selvittää näytteestä?

2. Massaspektrometri..

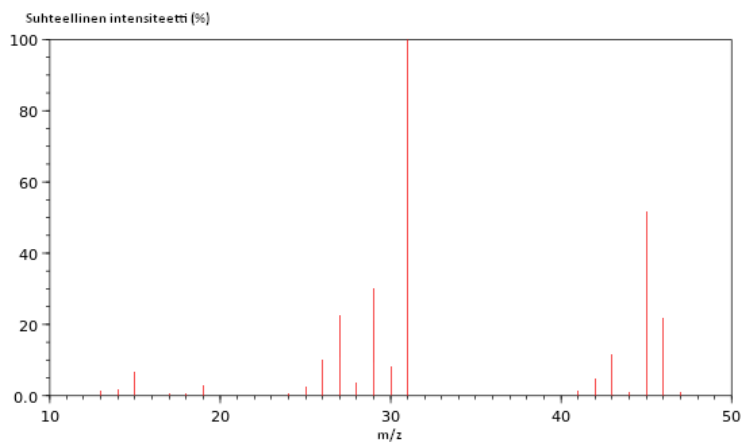
- ..punnitsee näyteaineen tyhjiössä, jolloin maan vetovoima ei vaikuta tulokseen häiritsevästi.
- ..on laite, jonka avulla voidaan tunnistaa näyteaineen funktionaaliset ryhmät.
- ..lähettää ultraviolettisäteilyä näyteaineen läpi, jonka avulla voidaan selvittää näytteen moolimassa.
- ..ionisoi näyteaineen, ja magneettikentän avulla mittaa varautuneiden hiukkasten varauksen ja massan suhdetta.
- ..puhdistaa näyteaineen epäpuhtauksista, jolloin näytteen moolimassa voidaan helposti lukea massaspekttrin eri korkuisista piikeistä.

3. Yhdisteessä on kaksi hiiliatomia. Se sisältää hiilen lisäksi vain vetyä. Minkä yhdisteen massaspektri on kyseessä.



- Metaani
- Etaani
- Eteeni
- Etyyni
- Propaani
- Propeeni
- Propyyini

4. Yhdisteessä on kaksi hiiliatomia. Se sisältää hiilen lisäksi vetyä ja happea. Minkä yhdisteen massaspektri on kyseessä?



- Etaani
- Eteeni
- Etanoli
- Etanaali
- Etanihappo

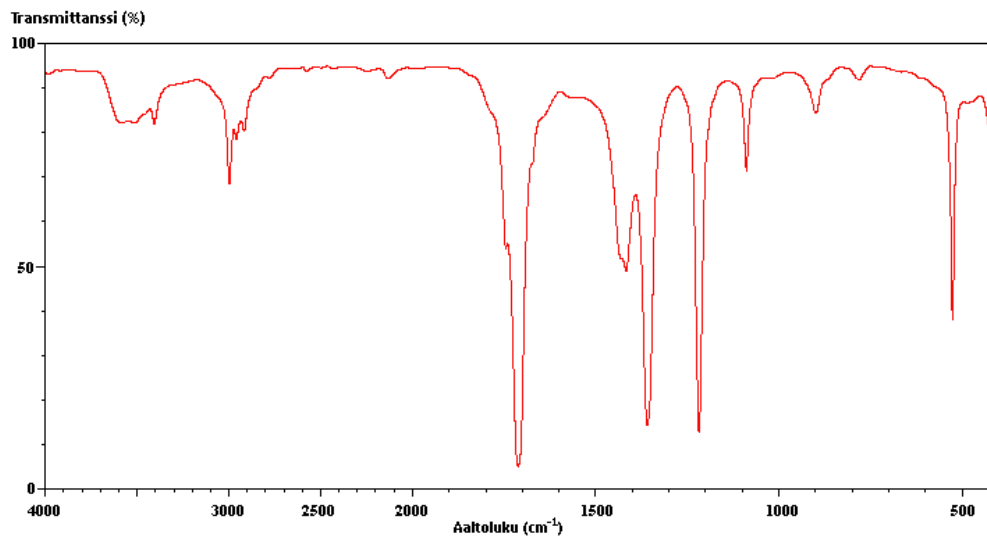
SIVU 2/4

5. Kerro lyhyesti, mitä tietoa IR-spektrometrialla voidaan selvittää näytteestä?

6. IR-spektrometri..

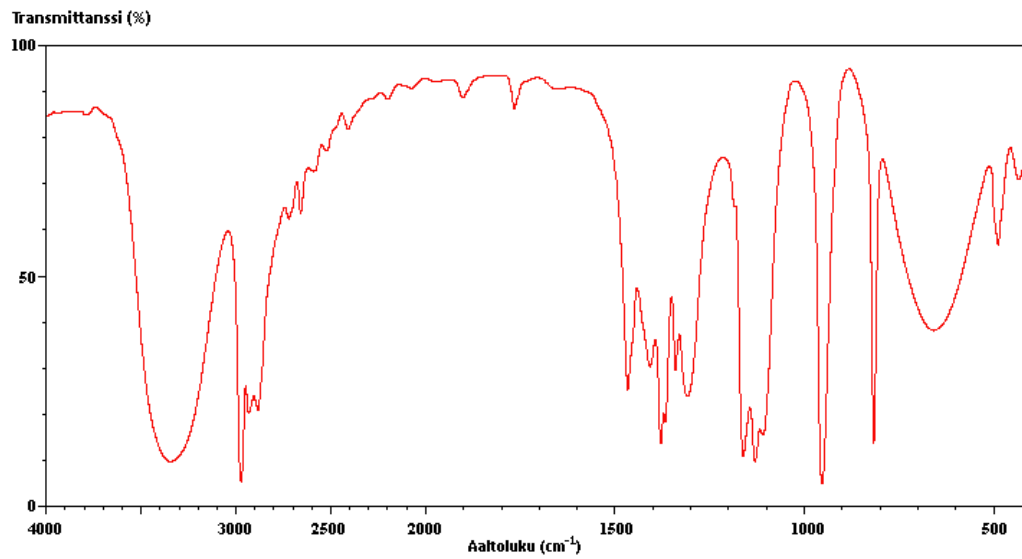
- ..säteilyttää infrapunavaloa läpi näyteaineesta, joka absorboi valoa sen sisältämien sidosten taajuuudella.
- ..lämmittää näytettä, jolloin se hajoaa ja siitä irronneet funktionaaliset ryhmät voidaan tunnistaa.
- ..valaisee näytteen molekyylejä infrapunavalolla, jolloin ne voidaan nähdä ja tunnistaa.
- ..heijastaa detektorille näyteaineen peilikuvan, joka näyttää spektriltä.
- ..säteilyttää näkyvää valoa näytteen läpi. Näytteestä läpi kulkeva valo muodostaa spektrin "piikit".

7. Mihin yhdisteryhmiin yhdiste voi kuulua IR-spektrin perusteella (yksi tai useampi)?



- Aldehydit
- Eetterit
- Ketonit
- Hiilivedyt
- Karboksyylihapot
- Alkoholit
- Esterit

8. Kuvan molekyyli sisältää vain yhden hiiliatomin. Tunnista yhdiste IR-spektrin avulla.



- Metanaali
- Metanoli
- Eteeni
- Metaani
- Etanoli
- Metaanihappo

SIVU 3/4

9. Onnistuiko ryhmäsi ratkaisemaan oppitunnilla selvitetävän ongelman?

- Kyllä
- Ei

10. Miten hyvin pysyit muun ryhmäsi mukana ongelmaa ratkaistaessa?

- 1 = Putosin kärryiltä kokonaan
- 2 = Huonosti
- 3 = Kohtalaisesti
- 4 = Hyvin
- 5 = Todella hyvin

11. Oppitunnilla ratkaistava ongelma oli...

- 1 = Liian vaikea
- 2 = Melko vaikea
- 3 = Sopivan haastava
- 4 = Melko helppo
- 5 = Liian helppo

12. Oppitunnin arvoituksen ratkaiseminen tuntui...

- 1 = Todella tylsältä
- 2 = Melko tylsältä
- 3 = Ei tylsältä, muttei mielenkiintoiseltakaan
- 4 = Melko mielenkiintoiselta
- 5 = Todella mielenkiintoiselta

SIVU 4/4

13. Edellisellä oppitunnilla hyödynnettiin ongelmaperustaista opetusmenetelmää, jossa oppilaat toimivat itsenäisesti, etsien tietoa ja ratkaisua ongelmaan. Miten mielekkääksi koit tällaista opetusmenetelmää hyödyntävän oppitunnin?

- 1 = En pitänyt ollenkaan
- 2 = Vähemmän mielekkääksi kuin yleensä
- 3 = Yhtä mielekkääksi kuin yleensä
- 4 = Mielekkäämmäksi kuin yleensä
- 5 = Pidän todella paljon

14. Miten hyvin koit oppineesi kemiaa tämän opetusmenetelmän avulla?

- 1 = Paljon huonommin kuin yleensä
- 2 = Huonommin kuin yleensä
- 3 = Yhtä hyvin kuin yleensä
- 4 = Paremmin kuin yleensä
- 5 = Paljon paremmin kuin yleensä

15. Miten opetusmenetelmä vaikutti toimintaasi oppitunnilla?

- 1 = Passivoi minua paljon
- 2 = Passivoi minua jokseenkin
- 3 = Ei aktivoi tai passivoi minua
- 4 = Aktivoi minua jokseenkin
- 5 = Aktivoi minua paljon

16. Tätä opetusmenetelmää pitäisi käyttää kemian oppitunneilla...

- 1 = Ei ollenkaan
- 2 = Vähemmän
- 3 = Yhtä paljon kuin ennenkin
- 4 = Enemmän
- 5 = Paljon enemmän

17. Kerro lyhyesti oma mielipiteesi oppitunnin opetusmenetelmästä.



Loppukysely

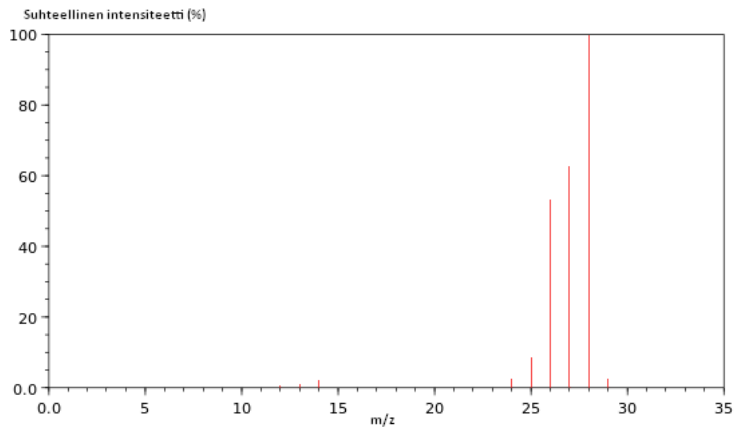
SIVU 1/4

1. Kerro lyhyesti, mitä tietoa massaspektrometrialla voidaan selvittää näytteestä?

2. Massaspektrometri..

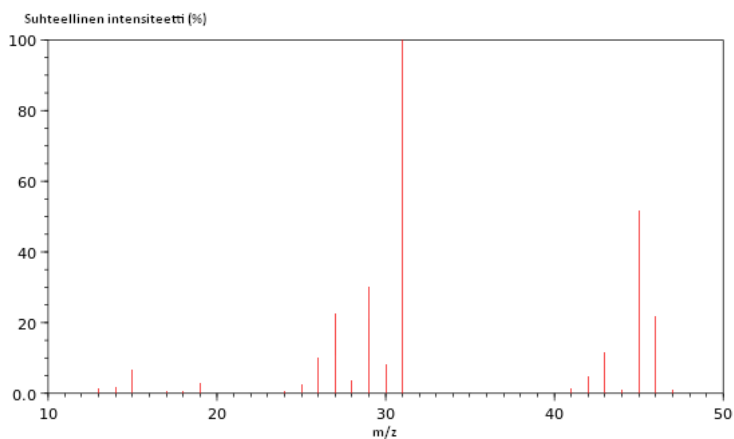
- ..punnitsee näyteaineen tyhjiössä, jolloin maan vetovoima ei vaikuta tulokseen häiritsevästi.
- ..on laite, jonka avulla voidaan tunnistaa näyteaineen funktionaaliset ryhmät.
- ..lähettää ultravioletisäteilyä näyteaineen läpi, jonka avulla voidaan selvittää näytteen moolimassa.
- ..ionisoi näyteaineen, ja magneettikentän avulla mittaa varautuneiden hiukkasten varauksen ja massan suhdetta.
- ..puhdistaa näyteaineen epäpuhtauksista, jolloin näytteen moolimassa voidaan helposti lukea massaspekttrin eri korkuisista piikeistä.

3. Yhdisteessä on kaksi hiiliatomia. Se sisältää hiilen lisäksi vain vetyä. Minkä yhdisteen massaspektri on kyseessä.



- Metaani
- Etaani
- Eteeni
- Etyyni
- Propaani
- Propeeni
- Propyyini

4. Yhdisteessä on kaksi hiiliatomia. Se sisältää hiilen lisäksi vetyä ja happea. Minkä yhdisteen massaspektri on kyseessä?



- Etaani
- Eteeni
- Etanoli
- Etanaali
- Etanihappo

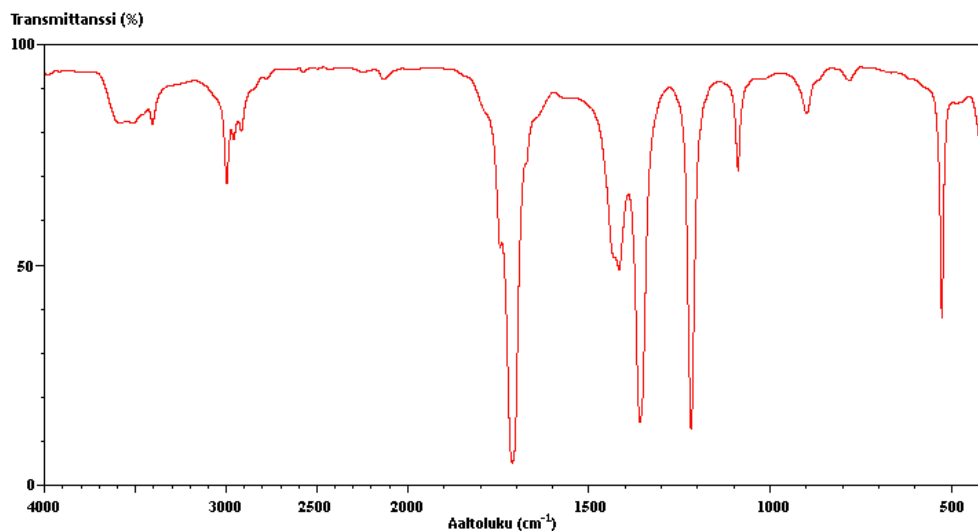
SIVU 2/4

5. Kerro lyhyesti, mitä tietoa IR-spektrometrialla voidaan selvittää näytteestä?

6. IR-spektrometri..

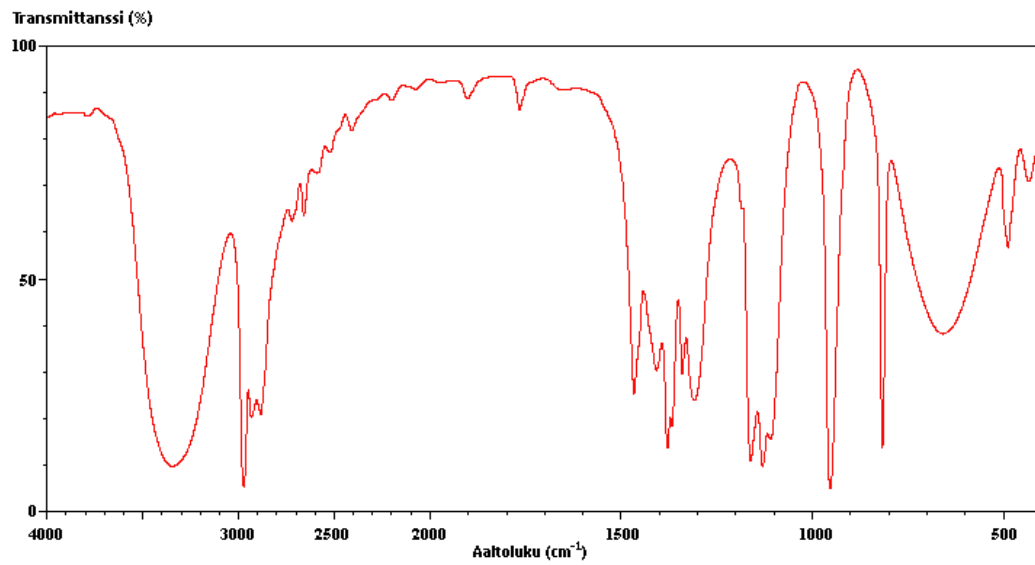
- ..säteilyttää infrapunavaloa läpi näyteaineesta, joka absorboi valoa sen sisältämien sidosten taajuuudella.
- ..lämmittää näytettä, jolloin se hajoaa ja siitä irronneet funktionaaliset ryhmät voidaan tunnistaa.
- ..valaisee näytteen molekyylejä infrapunavalolla, jolloin ne voidaan nähdä ja tunnistaa.
- ..heijastaa detektorille näyteaineen peilikuvan, joka näyttää spektriä.
- ..säteilyttää näkyvää valoa näytteen läpi. Näytteestä läpi kulkeva valo muodostaa spektrin "piikit".

7. Mihin yhdisteryhmiin yhdiste voi kuulua IR-spektrin perusteella (yksi tai useampi)?



- Aldehydit
- Eetterit
- Ketonit
- Hiilivedyt
- Karboksyylihapot
- Alkoholit
- Esterit

8. Kuvan molekyyli sisältää vain yhden hiiliatomin. Tunnista yhdiste IR-spektrin avulla.



- Metanaali
- Metanoli
- Eteeni
- Metaani
- Etanoli
- Metaanihappo

SIVU 3/3

9. Edellisellä oppitunnilla hyödynnettiin opettajajohtoista opetusmenetelmää, jonka aikana pääasiassa vain opettaja on äänessä. Miten mielekkääksi koit tällaista opetusmenetelmää hyödyntävän oppitunnin?

- 1 = En pitänyt ollenkaan
- 2 = Vähemmän mielekkääksi kuin yleensä
- 3 = Yhtä mielekkääksi kuin yleensä
- 4 = Mielekkäämmäksi kuin yleensä
- 5 = Pidän todella paljon

10. Miten hyvin koit oppineesi kemiaa tämän opetusmenetelmän avulla?

- 1 = Paljon huonommin kuin yleensä
- 2 = Huonommin kuin yleensä
- 3 = Yhtä hyvin kuin yleensä
- 4 = Paremmin kuin yleensä
- 5 = Paljon paremmin kuin yleensä

11. Miten opetusmenetelmä vaikutti toimintaasi oppitunnilla?

- 1 = Passivoi minua paljon
- 2 = Passivoi minua jokseenkin
- 3 = Ei aktivoanut tai passivoanut minua
- 4 = Aktivoi minua jokseenkin
- 5 = Aktivoi minua paljon

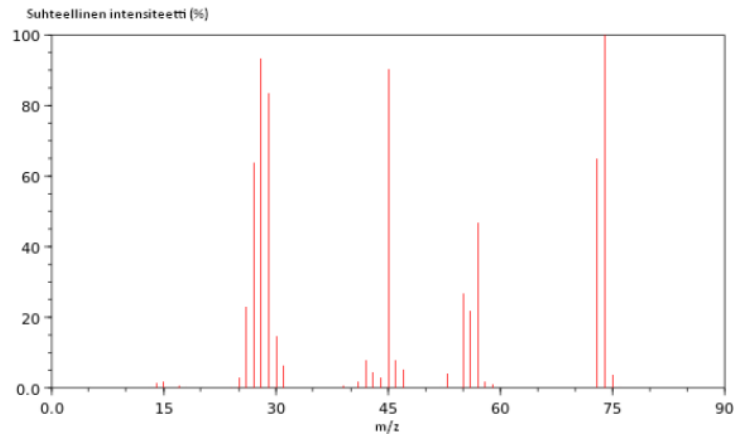
12. Tätä opetusmenetelmää pitäisi käyttää kemian oppitunneilla...

- 1 = Ei ollenkaan
- 2 = Vähemmän
- 3 = Yhtä paljon kuin ennenkin
- 4 = Enemmän
- 5 = Paljon enemmän

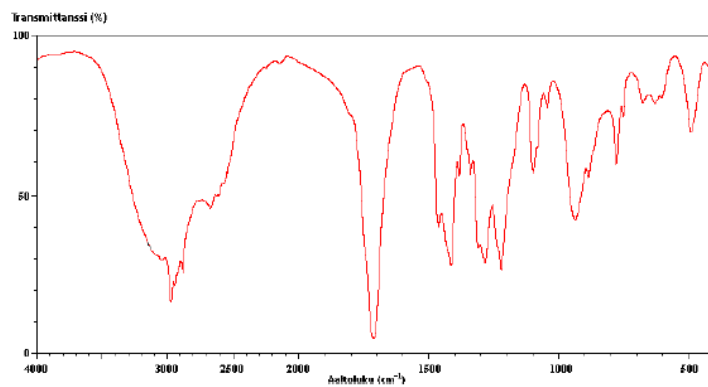
13. Kerro lyhyesti oma mielipiteesi oppitunnin opetusmenetelmästä.

Spektrometrian tehtävä

Tutkittava näyte on tuntematon orgaaninen yhdiste, joka sisältää hiiltä, vetyä ja happea. Näyteaineesta mitattiin spektrit massaspektrometrillä ja IR-spektrometrillä. Yhdisteen spektrit on esitetty alapuolella (kuvat 1 ja 2).



Kuva 1. Tuntemattoman yhdisteen massaspektri.



Kuva 2. Tuntemattoman yhdisteen IR-spekttri.

- Näyteaineen massaksi punnittiin 8,15 g. Ratkaise tuntemattoman yhdisteen ainemäärä. (1,5 p)
- Tunnista yhdisteen sisältämät funktionaaliset ryhmät. (1,5 p)
- Mikä seuraavista on tuntemattoman yhdisteen molekyylikaava? Perustele vastauksesi. (1,5 p)
 - $C_2H_4O_2$
 - C_3H_6O
 - $CH_{10}O$
 - $C_3H_6O_2$
 - $C_4H_{10}O$
- Piirrä tuntemattoman yhdisteen todennäköisin rakennekaava. Nimeä muodostamasi yhdiste. (1,5 p)

Tehtävän ratkaisut

a)

Ainemäärän laskemisessa hyödynnetään kaavaa

$$n = \frac{m}{M}, \quad (1)$$

jossa n on ainemäärä, m on massa ja M moolimassa. Yhdisteen massa m_y on tunnettu ja sen moolimassa M_y voidaan ratkaista tulkitsemalla yhdisteen massaspektriä (kuva 1). Massaspektrin molekyyli-ionin piikki M^+ ja peruspiikki ovat molemmat x -akselin (m/z) arvossa 74. Näin ollen yhdisteen moolimassaksi saadaan 74 g mol^{-1} . Sijoitetaan tunnetut arvot kaavaan 1 ja ratkaistaan yhdisteen ainemäärä n_y :

$$n_y = \frac{m_y}{M_y} = \frac{8,15 \text{ g}}{74 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,110135 \dots \text{ mol} \approx \mathbf{0,11 \text{ mol}}.$$

b)

IR-spektrimetrisen sormenjälkialuetta ($1500 - 400 \text{ cm}^{-1}$) on lähes mahdotonta tulkita, joten sen alueen piikit jätetään huomiotta. Funktionaalisten ryhmien alueella ($4000 - 1500 \text{ cm}^{-1}$) esiintyy selkeä ja vahva piikki noin aaltoluvussa 1700 cm^{-1} , leveä ja voimakas piikki noin aaltolukuvälillä ($3600 - 3200 \text{ cm}^{-1}$) ja muita tähän laajaan piikkiin sekoittuneita yksittäisiä piikkejä aaltoluvun 3000 cm^{-1} läheisyydessä.

1. **C=O:** 1700 cm^{-1} piikki on karbonyyliryhmä. **+0,75 p**
2. **O-H:** $3600 - 3200 \text{ cm}^{-1}$ piikki on alkoholiryhmä. **+0,75 p**
3. **C-H:** 3000 cm^{-1} piikit ovat vedyn ja hiilen välisiä yksöissidoksia. **+0,75 p**

Täydet pisteet saa kahden funktionaalisen ryhmän oikeasta tulkinnasta. Maksimissaan siis yhteensä **1,5 p**. Jos löytää kaikki 3, opettaja voi oman harkintansa mukaan antaa lisäpisteitä.

Yhdisteestä ei voida tulkita muita funktionaalisia ryhmiä IR-spektrin perusteella. Jokaisesta väärästä ehdotuksesta – kuten kaksoissidoksesta **C=C** – vähennetään **-0,5 p**.

c)

Oikea vastaus on vaihtoehto **4. C₃H₆O₂** ja siitä annetaan täydet **+1,5 p**. Siinä esiintyy tasan kaksi happiatomia, joiden avulla sekä karbonyyliryhmä C=O että alkoholiryhmä O-H voidaan rakentaa. Vaihtoehdon **4.** moolimassa on lisäksi noin $74,079 \text{ g mol}^{-1}$, mikä vastaa massaspektrin molekyylipiikin arvoa hyvin.

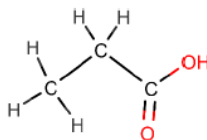
Vaihtoehtoista **1. C₂H₄O₂** ja **5. C₄H₁₀O** voidaan antaa **+0,5 p**, sillä ne täyttävät tulkinnan kriteerit osittain. Vaihtoehto **1.** toimii IR-spektrin ja funktionaalisten ryhmien osalta hyvin, muttei massaspektrin. Vaihtoehto **5.** taas toimii massaspektrin ja moolimassan osalta hyvin, muttei IR-spektrin. Molemmat yhdisteistä noudattavat myös kemiallisen sitoutumisen sääntöjä, eikä niissä esiinny ylimääräisiä vetyjä tai muita alkuaineita.

Vaihtoehtoista **2. C₃H₆O** ja **3. CH₁₈O** ei anneta pisteitä **±0 p**, sillä ne ovat täysin väärin molempien spektrin tulkinnan osalta. Vaihtoehto **3.** ei lisäksi noudata kemiallisen sitoutumisen sääntöjä.

d)

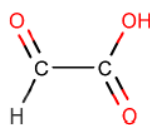
Pisteitys tapahtuu seuraavasti: rakennekaavasta max 1,0 p ja nimeämisestä max 0,5 p.

Oikea vastaus on kuvan 3 rakennekaava +1,0 p ja yhdisteen nimi propaanihappo +0,5 p.



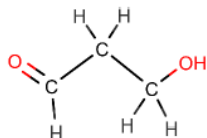
Kuva 3. Propaanihappo.

Toinen mahdollinen oikea vastaus on kuvan 4 rakennekaava +1,0 p. Tällöin yhdisteen molekyylikaava on $C_2H_2O_3$ ja yhdisteen nimi oksoetaanihappo tai oksoetikahappo (myös glyoksylihappo käy) +0,5 p.



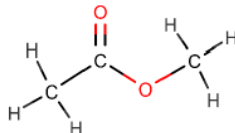
Kuva 4. Oksoetaanihappo eli glyoksylihappo.

Kuvien 3 ja 4 rakennekaavat ovat yhdisteiden todennäköisimmät rakennekaavat. Ei kuitenkaan haittaa, vaikka rakennekaavan funktionaaliset ryhmät ovat väärin hiiliin sitoutuneena, kuten kuvan 5 rakennekaavassa +1,0 p. Nimeämisestä tulee tällöin kuitenkin huomattavasti vaikeampaa.



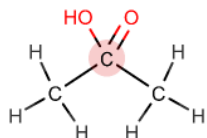
Kuva 5. 3-hydroksipropanaali eli reuteriini.

Muista molekyylikaavaa vastaavista ja kemiallisia sääntöjä noudattavista, mutta IR-spektrissä esiintyviä funktionaalisia ryhmiä laiminlyövästä rakennekaavoista: -0,5 p (esim. kuva 6).



Kuva 6. Etaanin hapon etyyliesteri eli metyyliasetaatti.

Jos yhdiste ei noudata kemiallisen sitoutumisen sääntöjä tai se sisältää joitakin muita alkuaineita kuin hiiltä, vetyä ja happea: -1,0 p (esim. kuva 7).



Kuva 7. Kemiallisen sitoutumisen sääntöjä rikkova pysymätön yhdiste.

OPETTAJALLE

1 Johdanto

Kokeiluoppitunti koostuu seuraavista kokonaisuuksista: alkukysely, opetuspaketti kokeiluoppitunnille, loppukysely ja kurssikoetehtävä. Seuraava teksti on opettajaa tukevaa ohjeistus kaikkiin näihin kokonaisuuksiin.

2 Alkukysely

Jos mahdollista, pidä ryhmän oppilaille oppituntia alustava alkukysely edellisen oppitunnin päätteeksi. Näin se ei vie aikaa itse kokeiluoppitunnilta. Alkukyselyllä tunnistetaan mahdolliset tutkimustuloksia vääristävät taso- ja motivaatioerot ryhmien välillä.

3 Oppitunti (kokeilu)

Oppituntisuunnitelma

Kurssi: KE2

Aihe: Kappale 3.4 – Aineen rakenteen analyysimenetelmiä

Opetettava Asia: Rakennetutkimuksen merkitys. Massa- sekä IR-spektrometrian perusteet ja kyseisten menetelmien spektrien tulkitseminen.

Oppimistavoitteet: Osata tunnistaa yhdisteiden tärkeimmät funktionaaliset ryhmät IR-spektriä tulkitsemalla. Osata tunnistaa yhdisteen moolimassa massaspektriä tulkitsemalla. Harjaantua kemiallisen tiedon etsimisen ja analysoinnin taidoissa. Harjaantua ongelmaperustaisessa oppimisessa ryhmässä työskennellen.

Oppitunnin Rakenne:

- ❖ **Ohjeistus ja ryhmien jako – 5 min**
 - Kokeilun esittely ja ohjeistus
 - Ryhmien muodostaminen ja materiaalin jako
 - Mysteerivideon katsominen
- ❖ **Tehtävän tekeminen ja ratkaisun esittäminen – 70 min**
 - Oppilaiden omatoimista työskentelyä; opettajan rooli ”spektrimestarina” ja kysymysten esittäjänä
 - Ratkaisujen esittäminen ja selitykset
 - Valmiiden ryhmien ohjaaminen jatkokysymysten ja tehtävien ratkomiseen

Ohjeistus ja ryhmien jako

Kerro oppilaille kokeilusta niin paljon kuin koet tarpeelliseksi. Selitä, että tehtävässä ryhmät toimivat itsenäisesti ja opettajan apuun tulee turvautua vasta, jos ryhmä ei muuten pääse eteenpäin. Kehota ryhmiä sen sijaan hyödyntämään tehtäväpaperin vinkkejä jumiin jäädessään. Tavoitteena on oppitunnin aikana löytää ratkaisu mysteerin ongelmaan hyödyntämällä kemiallisia tietoja ja taitoja.

Jaa oppilaat satunnaisesti 3 hengen ryhmiin. Jos oppitunnilla on paljon oppilaita (18 <), jaa heidät sen sijaan 4 hengen ryhmiin. Jaa jokaiselle ryhmälle oppilaiden materiaali. Korosta, että ryhmät työskentelevät YHDESSÄ! Ohjeista ryhmät katsomaan YouTubeista löytyvä video tai näytä se heille yhteisesti (linkki oppilaiden materiaalissa). Kun ryhmät ovat katsoneet videon, anna kaikille lupa aloittaa ongelmatapauksen ratkaiseminen yhteisesti. (Voit halutessasi ajastaa oppilaiden suoritukset ja palkita heistä nopeimmat.)

Tehtävän tekeminen

Kulje ryhmien välillä havainnoiden ja arvioiden heidän toimintaansa. Esitä tarvittaessa johdattelevia kysymyksiä, joiden avulla voit testata ryhmien oppimista ja auttaa tehtävässä etenemistä. Älä anna suorita vastauksia, vaan ohjaa ryhmien toimintaa oivaltamaan ja löytämään vastauksia itse.

Tehtävän ratkaisemiseksi ryhmät tarvitsevat opettajalta sekä massa- että IR-spektrin. Ryhmät tulevat pyytämään opettajalta YHTÄ spektriä kerrallaan. SPEKTREJÄ EI TULE KUITENKAAN ANTAA RYHMILLE SUORAAN! Opettajan tulee ensin testata, että ryhmä on sisäistänyt tärkeimmät menetelmään liittyvät tiedot ja taidot. Massaspektriä pyytäessään, ryhmien tulee osata vastata massaspektrometriaa koskeviin kysymyksiin ja IR-spektriä pyytäessään vastaavasti IR-spektroskopiaa koskeviin kysymyksiin. Jos ryhmä ei selkeästi hallitse asiaa, tulee heidät ohjata takaisin tiedonhaun pariin. Testataksesi ryhmien osaamista, voit hyödyntää esimerkiksi joitakin seuraavista kysymyksistä:

Massaspektrometrian kysymykset

- Miten massaspektrometri toimii?
- Mitä näyteaineelle tapahtuu massaspektrissä?
- Mihin massaspektrin tulkitsemisessa tulee kiinnittää huomio?
- Miksi massaspektrissä on useita piikkejä?
- Mitä massaspektrin piikkien x-akselin arvo kertoo niistä?
- Mitä massaspektrin piikkien korkeus kuvastaa?
- Mitä tiedämme yhdisteestä, jonka massaspektrissä esiintyvä viimeinen korkea piikki löytyy x-akselin arvosta 30?

IR-spektrometrian kysymykset

- Miten IR-spektrometri toimii?
- Mitä näyteaineelle tapahtuu IR-spektrissä?
- Mihin IR-spektrin tulkitsemisessa tulee kiinnittää huomio?
- Mitä aaltolukuväliä tutkimalla IR-spektristä selviää eniten tietoa?
- Mistä IR-spektrissä esiintyvät piikit kertovat?
- Minkä takia osa piikeistä on leveämpiä tai syvempiä kuin toiset?
- Missä ja millainen piikki IR-spektrillä esiintyy, jos yhdisteessä on karbonyyliryhmä (C=O)?
- Mikä funktionaalinen ryhmä on kyseessä, jos IR-spektrissä esiintyy syvä ja leveä piikki aaltolukuvälillä 3200–3600 cm⁻¹?

Ratkaisun esittäminen

Lopulta ryhmä tulee esittämään ratkaisunsa opettajalle. Vaadi heitä perustelemaan ratkaisunsa ja selittämään, kuinka he ovat siihen päätyneet. Varmistu, että ryhmä on saavuttanut oppimistavoitteet.

Ryhmät saavat tehtävän valmiiksi eri nopeudella. Ohjaa valmiit ryhmät etsimään lisätietoa ratkaisemastaan kemikaalista esimerkiksi "[Sigma-Aldrich](#)" tai "[NIST Chemistry WebBook](#)" sivustolle. Kyseisiltä sivustoilta löytyy tietoa lukuisista kemian teollisuudessa hyödynnetyistä aineista. Voit haastaa heidät tutkimaan joitakin seuraavista tehtävistä:

- Etsikää ratkaistun aineen (propanaalin) käyttöturvallisuustiedote.
- Tutkikaa propanaalin turva- ja vaaralauseita sekä varoitusmerkkejä ja selvittäkää, miten vaarallinen aine on kyseessä.
- Mikä olisi paras hoitokeino ystävällemme, kun hän saapuu keskussairaalaan?
- Mitä muita menetelmiä kemian rakennetutkimuksessa käytetään massa- ja IR-spektrometrian lisäksi? Millaista tietoa niillä voidaan saada aineiden rakenteista?

4 Loppukysely

Pidä oppilaille loppukysely heti seuraavan oppitunnin alussa. Oppilaat suorittavat loppukyselyn itsenäisesti ja saavat käyttää kyselyssä MAOL taulukkokirjaa, mutteivat kurssikirjaa. Loppukysely testaa oppilaiden oppimia tietoja ja taitoja spektrometriasta. Sen avulla kerätään tutkimusdataa opetusmenetelmän suhteesta lyhytkestoiseen muistiin.

5 Tehtävän läpikäyminen

Käy tehtävä yhteisesti luokan kanssa läpi loppukyselyn jälkeen. Voit ensin kerrata myös massa- ja IR-spektrien toiminnan teoriaa. Alla on kuvattu molempien menetelmien päätoimintaperiaate lyhyesti.

Teoria

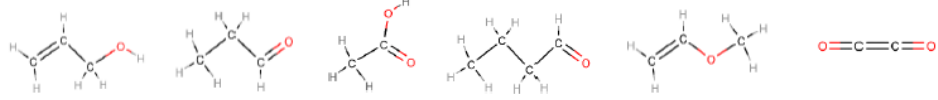
Massaspektrometri höyrystää sekä ionisoi näytteen ja pommittaa sitä sitten korkeaenergisellä elektronisuihkulla. Pommituksen vaikutuksesta näytteen aineesta irtoaa elektroneita, jolloin aineen molekyyleistä muodostuu positiivisesti varautuneita molekyyli-ioneja. Pieni osa molekyyli-ioneista hajoo edelleen vielä pienemmiksi radikaaleiksi. Massaspektrometri analysoi näiden syntyneiden kationien massaa. Molekyyli-ionin piikki on spektrin x-akselilta löytyvän viimeisen klusterin korkein piikki. Se on myös yleensä koko spektrin korkein piikki (ei aina), sillä sitä jää jäljelle tavallisesti eniten. Pienemmät piikit kuvaavat molekyyli-ionista edelleen hajooneita pienempiä radikaaleja. Näitä radikaaleja on määrällisesti vähemmän, minkä vuoksi niitä kuvaavat piikit ovat matalampia. Spektrin x-akselin arvo kuvaa molekyyli-ionin moolimassaa. Koska muodostuneen molekyyli-ionin moolimassa on sama kuin alkuperäisellä aineella, on myös alkuperäisen aineen moolimassa suoraan massaspektrin peruspiikin x-akselin arvo.

Infrapunaspektrometri säteilyttää infrapunavaloa näytteen läpi. Näyteaineen sidokset absorboivat IR-valoa niiden ominaisella värähtelytaajuudella. Jokaisen sidoksen taajuus on erilainen ja eri sidokset, kuten -OH ja C=O absorboivat IR-valoa eri taajuudella. IR-spektrometrissä näytteen sidokset absorboivat osan IR-valosta ja loppu valosta kulkee aineen läpi detektorille. IR-spektrin piikit kuvaavat IR-valon taajuutta, joka on absorboitunut näyteaineen sidoksiin. Mitä syvempi piikki on, sitä suurempi osa valon sen pituisista aalloista on absorboitunut. Koska tiedämme erilaisten sidosten värähtelytaajuuden, voimme tunnistaa IR-spektristä erilaisia sidoksia sisältäviä funktionaalisia ryhmiä.

Tehtävä

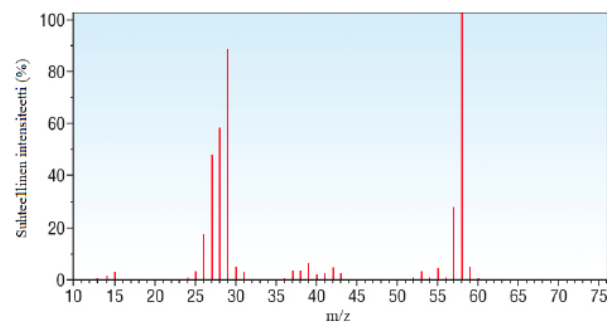
1. Ratkaisuvaihtoehdot

- 1) 2-Propenoli 58,08 g mol⁻¹ 2) Propanaali 58,08 g mol⁻¹ 3) Etanihappo 60,05 g mol⁻¹ 4) Butanaali 72,11 g mol⁻¹ 5) Etenyylimetyyliesteri 58,08 g mol⁻¹ 6) Etendioni 56,02 g mol⁻¹



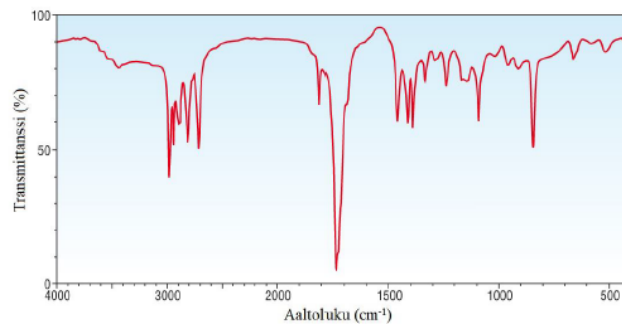
2. Massaspektrin tulkitseminen

- Peruspiikki 58 m/z: näyteaineen moolimassa 58 g mol⁻¹
 - Rajaa pois vaihtoehdot **3, 4 ja 6**
 - Ei rajaa pois vaihtoehtoja **1, 2 ja 5**; joista jokaisen moolimassa on 58,08 g mol⁻¹



3. IR-spektrin tulkitseminen

- Syvä piikki 1750 cm⁻¹: näyteaineessa esiintyy ainakin yksi karbonyyliryhmä (C=O)
 - Rajaa pois vaihtoehdot **1 ja 5**
 - Ei rajaa pois vaihtoehtoja **2, 3, 4 ja 6**; joista jokaisessa esiintyy karbonyyliryhmä
- Ei syvää ja leveää piikkiä 3200–3600 cm⁻¹: näyteaineessa ei alkoholiryhmiä (-OH)
 - Rajaa pois vaihtoehdot **1 ja 3**
 - Ei rajaa pois vaihtoehtoja **2, 4, 5 ja 6**; joissa ei esiinny alkoholiryhmiä
- Ei selkeää piikkiä 1650 cm⁻¹: näyteaineessa ei hiilten välisiä kaksoissidoksia (C=C)
 - Rajaa pois vaihtoehdot **1, 5 ja 6**
 - Ei rajaa pois vaihtoehtoja **2, 3 ja 4**; joissa ei esiinny hiilten välisiä kaksoissidoksia



4. (Extra: IR-spektrometri ei pysty muodostamaan IR-spektrejä molekyyleille, joilla ei ole dipolimomenttia. Etendionin (6) rakenne kumoo sen poolisuuden, eikä sille sen vuoksi ole myöskään dipolimomenttia. Tämän vuoksi etendionilla ei itseasiassa näkyisi IR-spektrissä juuri mitään.)
5. Jäljelle jää enää vain vaihtoehto 2 eli **PROPANAALI**, joka on oikea ratkaisu!
 - Propanaalin karbonyyliryhmän (C=O) vuoksi sen IR-spektrissä näkyy syvä piikki aaltoluvussa 1750.
 - Propanaalin moolimassan $58,08 \text{ g mol}^{-1}$ vuoksi sen massaspektrin peruspiikki löytyy x-akselin arvosta 58.

6 Kurssikoe

Sisällytä kurssikokeeseen esivalmisteltu spektroskopian koetehtävä testaamaan oppitunnilla opittuja spektrometrisia tietoja ja taitoja. Koetehtävän avulla kerätään tutkimusdataa opetusmenetelmän suhteesta pitkäkestoiseen muistiin.

OPPILAILLE

Ohjeistus

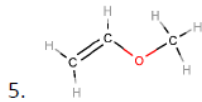
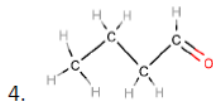
Linkki YouTube videoon: [Labramysteeri](#).

Tilannekuvaus

Ystäväänne kiidätetään sairaalaan. Sairaalan henkilökunta pyytää lisätietoa onnettomuudesta. Teidät on valittu tunnistamaan onnettomuuden aiheuttanut kemikaali. Tiedätte ystävänne käyttäneen 6 eri kemikaalia työssään, joista yhden nauttiminen on aiheuttanut onnettomuuden ja samalla nestelammikon työpisteelle. Lammikosta on otettu näyte ja se on teidän hallussanne.

Kemikaalit

1. 2-Propenoli
2. Propanaali
3. Etaanihappo



6. $\text{O}=\text{C}=\text{C}=\text{O}$

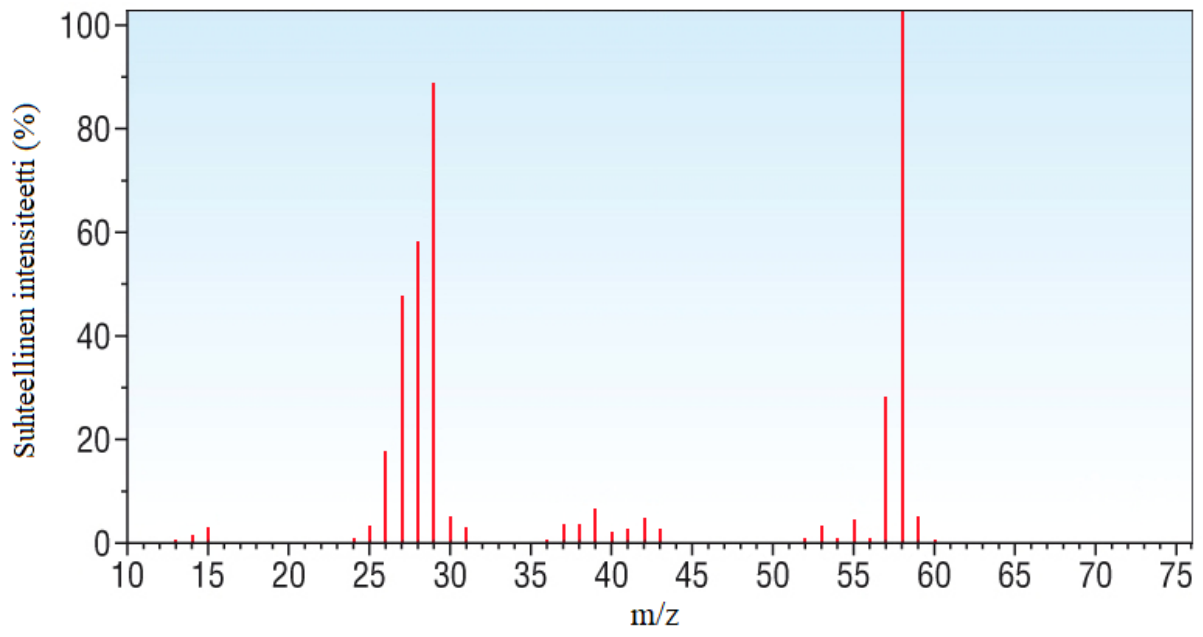
Onnistutte tehtävässänne vain toimimalla ryhmässänne YHDESSÄ, joten kommunikoidkaa ja keskustelkaa keskenänne!

Näytteen tunnistaminen

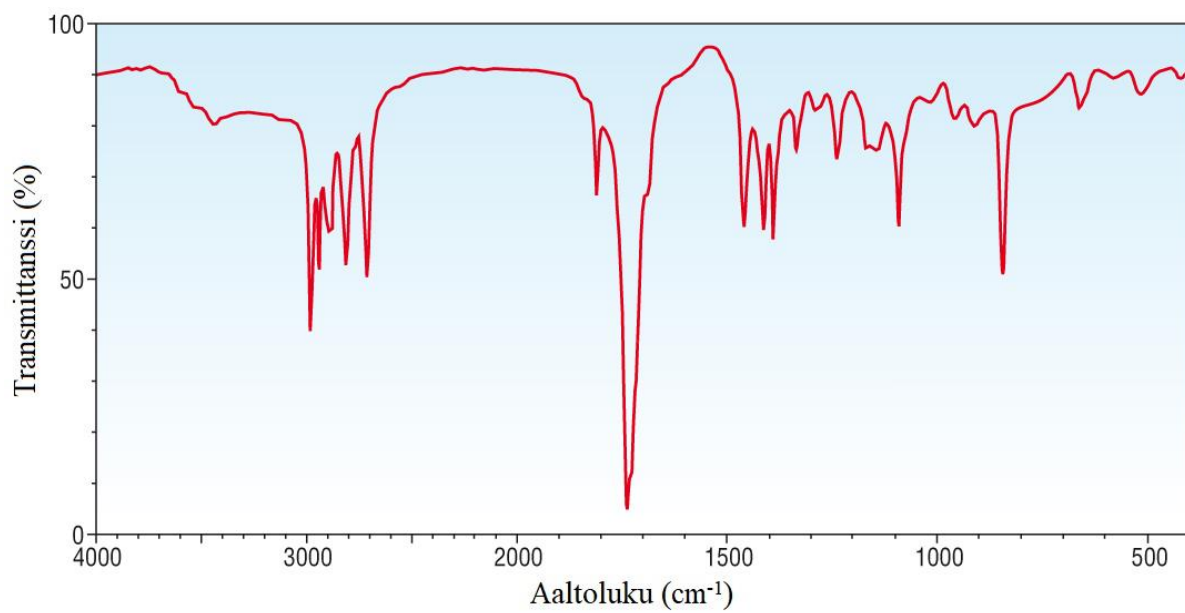
Koulultanne löytyy sekä massa- että IR-spektrometrit. Niiden avulla orgaanisia aineita voidaan analysoida. Analyysinsa perusteella ne muodostavat kuvaajia, joita kutsutaan spektreiksi. Muodostuneita spektrejä tulkitsemalla voidaan selvittää aineiden rakenteita ja ominaisuuksia.

1. Spektrometrien asiantuntijana toimii kemian opettajanne, joka voi analysoida näytteenne. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että ryhmänne osoittaa hänelle riittävän pätevyytensä perehtymällä spektroskopian menetelmiin (massa- ja IR-spektrometria). Selvittäkää siis, mihin kunkin **spektrometrin** toiminta perustuu ja miten menetelmän tuottamaa **spektriä** tulkitaan.
 - Vinkkejä:
 - Kirjan kappale 3.4
 - <https://peda.net/p/myllyviita/spektroskopia>
 - Etsikää tietoa muualta netistä
2. Perehdyttyänne toiseen menetelmistä, voitte lähestyä spektrometriasiantuntijaa ja pyytää häntä mittaamaan näytteestänne haluamanne spektrin.
3. Saatuanne toisen spektreistä, tulkitkaa sitä. Joudutte hyödyntämään sekä näytteenne massa- että IR-spektrejä.
 - Vinkkejä:
 - Piirtäkää kemikaalien rakennekaavat
 - Tunnistakaa kemikaalien funktionaaliset ryhmät
 - Kirjoittakaa kemikaalien molekyylikaavat
 - Laskekaa kemikaalien moolimassat
 - Mitä spektri paljastaa tuntemattomasta kemikaalista?
 - Voitteko tämän tiedon avulla poissulkea osan kemikaalivaihtoehtoistanne?
4. Kun olette mielestänne onnistunut tunnistamaan kemikaalinäytteenne, ilmoittakaa ja perustelkaa ratkaisunne kemian opettajallenne.

Liite 7. Kokeiluoppitunnin mysteerin tuntemattoman aineen (propanaali) massaspektri



Liite 8. Kokeiluoppitunnin mysteerin tuntemattoman aineen (propanaali) IR-spektri



OPETTAJALLE

1 Johdanto

Kontrollioppitunti koostuu seuraavista kokonaisuuksista: alkukysely, opetuspaketti kontrollioppitunnille, loppukysely ja kurssikokohtävä. Seuraava teksti on opettajaa tukevaa ohjelmaa kaikkein näihin kokonaisuuksiin.

2 Alkukysely

Jos mahdollista, pidä ryhmän oppilaille oppituntia alustava alkukysely edellisen oppitunnin päätteeksi. Näin se ei vie aikaa itse kontrollioppitunnilta. Alkukyselyllä tunnistetaan mahdolliset tutkimustuloksia vääristävät taso- ja motivaatioerot ryhmien välillä.

3 Oppitunti (kontrolli)

Oppituntisuunnitelma

Kurssi: KE2

Aihe: Kappale 3.4 – Aineen rakenteen analyysimenetelmiä

Opetettava Asia: Rakennetutkimuksen merkitys. Massa- ja IR-spektrometrian perusteet ja kyseisten menetelmien spektrien tulkitseminen.

Oppimistavoitteet: Osata tunnistaa yhdisteiden tärkeimmät funktionaaliset ryhmät IR-spektriä tulkitsemalla. Osata tunnistaa yhdisteen moolimassa massaspektriä tulkitsemalla.

Oppitunnin Rakenne:

- ❖ **Demonstraatio – 10 min**
 - Kuvan tai liuoksen esittely
 - Kysymykset oppilaille
 - Rakennetutkimuksen merkitys ja esittely
- ❖ **Massaspektrometria – 20 min**
 - Teoria massaspektrometristä ja -spektristä
 - Oppilaiden kanssa spektrien tulkitseminen
- ❖ **IR-spektrometria – 20 min**
 - Teoria IR-spektrometristä ja -spektristä
 - Oppilaiden kanssa spektrien tulkitseminen
- ❖ **Tehtäviä – 20 min**
 - s.123 – 20
 - s.123 – 21 a) ja b)
 - s.124 – 24

Demonstraatio

Opettaja voi hyödyntää kuvaa 1 tai – jos koululta löytyy – aitoa 1-propanolia demonstroimaan rakennetutkimuksen merkityksellisyyttä (samaa 1-propanolia hyödynnetään myös myöhemmin demonstroimaan massa- ja IR-spektrejä kuvissa 3 ja 6). Opettaja voi kysellä oppilailta, mitä he osaavat kertoa esille otetusta aineesta. Aistinvaraisesti he voivat kenties päätellä aineen olomuodon, värin, massan, lämpötilan ja tuoksun. Opettaja voi sitten kysyä voivatko oppilaat kertoa mitään aineesta sen molekyyliasolla tai miten aine rakentuu. Luonnollisesti vastaus on ei, mistä päästään rakennetutkimuksen aiheen pariin.



Kuva 1. Nestemäistä 1-propanolia keitinlasissa.

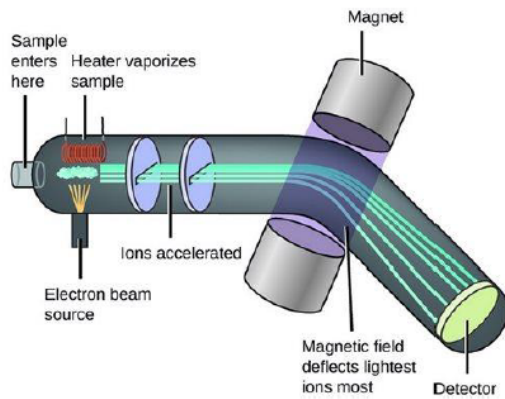
Rakenteen tarkemmassa analyysissä tarvitaan laitteita, jotka hyödyntävät usein sähkömagneettista säteilyä toiminnassaan. Menetelmiä on useita, joista jokaisella saadaan jotakin tietoa näytteestä, mutta yksikään ei ole täysin kattava itsestään. Yleisimpiä menetelmiä:

- Massaspektrometria
- Infrapunaspektrometria (IR-spektrometria)
- Ydinmagneettinen resonanssispektrometria (NMR-spektrometria)
- Röntgendiffraktio

Oppitunnilla tarkempaan käsittelyyn massaspektrometria ja IR-spektrometria.

Massaspektrometri

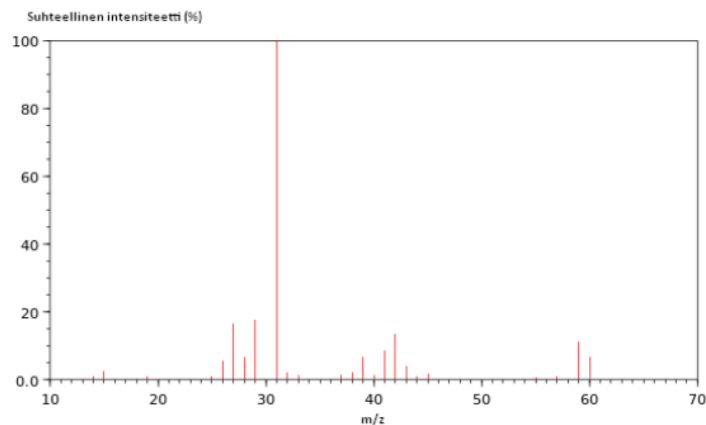
Opettaja voi hyödyntää kuvaa 2 selittämään spektrometrin toimintaa. Tärkeimpänä tuoda esille näyteaineen höyrystäminen kaasumaiseen muotoon; kaasun ionisoiminen elektronisuihkun avulla, jolloin muodostuu positiivisia molekyyli-ioneja; molekyyli-ionien hajoaminen edelleen pienemmiksi radikaaleiksi; kationien – sekä molekyyli-ionien että radikaalien – kiihdyttäminen; magneettikentän vaikutus kationien lentorataan riippuen niiden massaista; kationien saapuminen detektorille sen eri kohtiin; detektorin datan muuntaminen luettavaan muotoon massaspekttrille.



Kuva 2. Massaspektrometrin toimintaperiaate.

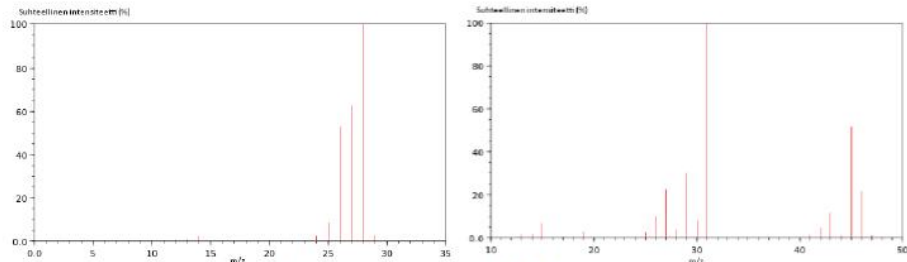
Massaspekttri

Opettaja voi hyödyntää kuvaa 3 havainnollistamaan oppilaille massaspekttrin tulkitsemista. Massaspekttrin tulkitsemisessa lukiolaiselle riittää pääasiassa se, että osaa tunnistaa ja löytää molekyyli-ionin piikin (lähes poikkeuksetta viimeisen piikkiklusterin viimeinen korkea piikki) ja sen avulla määrittää yhdisteen moolimassan. Myös peruspiikki (usein molekyyli-ionin piikki) on hyvä ymmärtää, ja miksi se on korkeampi suhteessa muihin piikkeihin (määrällisesti eniten ionisoiduista kationeista, sillä pysyvin).



Kuva 3. 1-propanolin massaspekttri; molekyyli-ionin piikki x-akselin arvossa 60 ja peruspiikki arvossa 31.

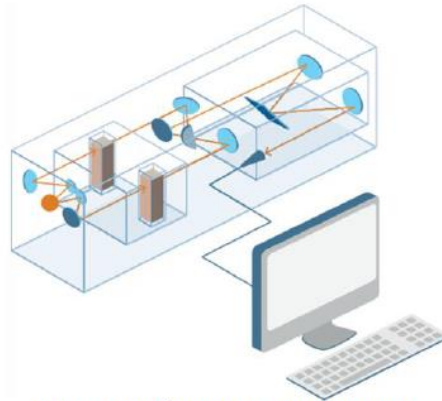
Opettaja voi sitten esittää kuvan 4 spektrit oppilaille ja pyytää heitä tunnistamaan spektreissä kuvattujen aineiden molekyyli-ionien piikit, moolimassat ja peruspiikit. Jos halutaan, voidaan myös mainita, että spektreillä kuvatut aineet ovat pieniä orgaanisia yhdisteitä, jotka eivät sisällä muita alkuaineita kuin hiiltä vetyä ja happea.



Kuva 4. Eteenin (vasen) ja etanolin (oikea) massaspektrit.

IR-spektrometri

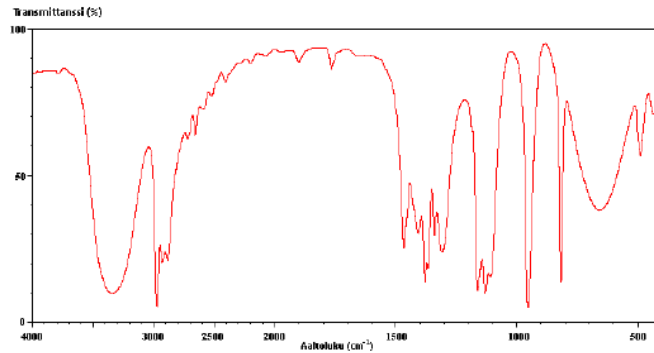
Opettaja voi hyödyntää kuvaa 5 selittämään spektrometrin toimintaa. Tärkeimpänä tuoda esille, että spektrometri säteilyttää infrapunavaloa näyteaineen läpi; näyteainemolekyylien kovalenttiset sidokset absorboivat osan IR-valosta; sidokset absorboivat vain valoa, jolla on sama aallonpituus kuin sidosten värähtelyllä; eri sidokset värähtelevät eri taajuuksilla ja absorboivat valoa eri aallonpituuksilla; vain siis osa valosta – se osa joka ei absorboitu sidoksiin – saapuu detektorille; transmittoitunut valo tunnistetaan ja muutetaan luettavaan muotoon IR-spektrille.



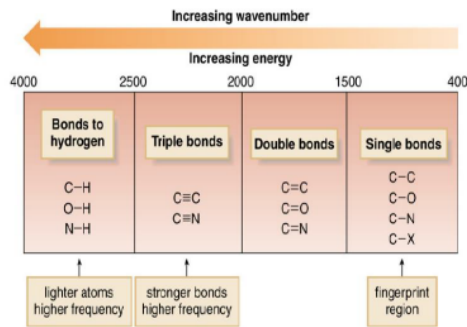
Kuva 5. IR-spektrometrin toimintaperiaate.

IR-spektri

Opettaja voi hyödyntää kuvia 6 ja 7 havainnollistamaan oppilaille IR-spektrin tulkintaa. Esille tuotavat asiat: y-akseli kuvaa näyteaineen läpi transmittoituneen valon suhteellista osuutta; piikit kuvaavat IR-valon absorboitumisen voimakkuutta tietyllä aallonpituudella mitä syvämpi piikki sitä suurempi osa valosta absorboitunut; syvä ja leveä piikki $3200\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ hydroksyyliiryhmä (-OH), terävä ja syvä piikki 1750 cm^{-1} karbonyyliiryhmä (C=O), keskivahva terävä piikki 1650 cm^{-1} hiilten välinen kaksoissidos (C=C), voimakkaita teräviä piikkejä $2800\text{--}3100\text{ cm}^{-1}$ hiilen ja vedyn välisiä yksöissidoksia ($\text{C}_{\text{sp}3}\text{-H}$); sormenjälki-alue ($< 1500\text{ cm}^{-1}$) vaikeatulkintaista, eikä siksi lukiotasolla vaadita (sisältää mm. alkoksiryhmän -OR piikin).

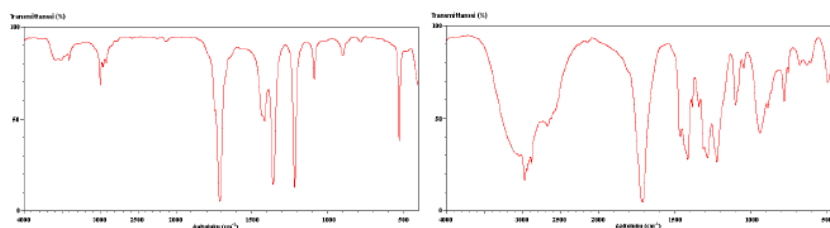


Kuva 6. 1-propanolin IR-spektri; hydroksyyliyhymän (-OH) piikki aaltoluvulla 3200-3600 cm^{-1} ja hiilten ja vetyjen välisten yksöissidosten ($\text{C}_{\text{sp}^3}\text{-H}$) piikit aaltoluvulla 2800-3100 cm^{-1} .



Kuva 7. Tyypillisiä IR-spektrin absorptioalueita.

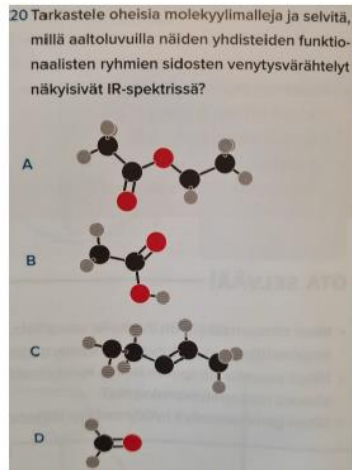
Opettaja voi sitten esittää kuvan 8 spektrejä oppilaille ja pyytää heitä tunnistamaan spektreistä löytyviä funktionaalisia ryhmiä (käyttäen taulukkokirjaa s.148).



Kuva 8. Propanonin eli asetonin (vasen) ja propaanihapon (oikea) IR-spektrit.

Tehtävät

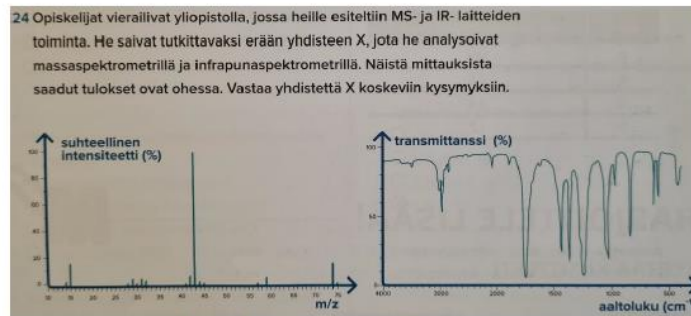
Lopuksi oppilaat tekemään oppikirjan s.122-123 tehtäviä 20, 21 a-b ja 24 (kuvat 9-11). Loput tehtävistä voi antaa kotiläksyksi.



Kuva 9. Mooli 2, sivu 122, tehtävä 20.

- 21 Kloorietaania $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$ tutkittiin eri spektrometrisillä menetelmillä.
- Mikä olisi sen molekyyli-ionin rakenne, joka näkyy massaspektrissä piikinä lukuarvon 29 kohdalla?
 - Millä aaltoluilla IR-spektrissä näkyy piikkejä ja mitä molekyyli-rakennetta piikit vastaavat?

Kuva 10. Mooli 2, sivu 122, tehtävä 21 a-b.



Kuva 11. Mooli 2, sivu 123, tehtävä 24.

4 Loppukysely

Pidä oppilaille loppukysely heti seuraavan oppitunnin alussa. Oppilaat suorittavat loppukyselyn itsenäisesti. Loppukysely testaa oppilaiden oppimia tietoja ja taitoja spektrometriasta. Sen avulla kerätään tutkimusdataa opetusmenetelmän suhteesta lyhytkestoiseen muistiin.

5 Kurssikoe

Sisällytä kurssikokeeseen esivalmisteltu spektroskopian koetehtävä testaamaan oppitunnilla opittuja spektrometrisia tietoja ja taitoja. Koetehtävän avulla kerätään tutkimusdataa opetusmenetelmän suhteesta pitkäkestoiseen muistiin.