

Tutkimukselliset demonstraatiot lukion kemian opetuksessa

Pro gradu – tutkielma ja erikoistyö

Jyväskylän yliopisto

Kemian laitos

Kemian opettajakoulutus

25.5.2015

Timo Ahola-Olli

Tiivistelmä

Tässä tutkimuksessa määriteltiin tutkimukselliset demonstraatiot sekä selvitettiin kirjallisuuden pohjalta erilaisia perusteluita esittää demonstraatioita kemian opetuksessa. Lisäksi selvitettiin hyvän demonstraation kriteerejä sekä erilaisia tapoja esittää demonstraatioita kemian opetuksessa.

Demonstraatioiden tekemiselle löydettiin erilaisia perusteluita. Näitä olivat muun muassa taloudelliset perusteet, demonstraatioiden opettava vaikutus, opetuksen monimuotoistaminen sekä demonstraatioiden opiskelijoita motivoiva vaikutus. Kirjallisuudesta kävi ilmi, että demonstraatioiden opetuskäyttöön on runsaasti perusteluita ja demonstraatioita pidetäänkin kemian opetuksen yhtenä perusmuotona.

Hyvän demonstraation kriteerit selvitettiin ja koottiin yhteen. Hyvä demonstraatio pitää sisällään kognitiivisen konfliktin, sekä on rakenteeltaan monivaiheinen. Lisäksi demonstraatio on selkeä ja sillä on selkeä tarkoitus oppitunnilla ja kurssilla. Kirjallisuudesta löydettiin myös muutamia esimerkkejä konkreettisista demonstraatioista, jotka täyttävät hyvän demonstraation kriteerit.

Erilaisia keinoja esittää demonstraatioita sekä niiden pedagogisia perusteita löydettiin kirjallisuudesta runsaasti. Lisäksi koottiin erilaisia vinkkejä, kuinka suunnitella ja esittää demonstraatio oppimista edistävällä tavalla. Tutkimuksessa tutustuttiin myös videoitujen demonstraatioiden käyttöön kemian opetuksessa.

Kokeellisessa osassa suunniteltiin ja toteutettiin kirjallisen osuuden tietojen avulla lukion ensimmäiselle kemian kurssille tutkimuksellisia demonstraatio-opetuskertoja. Näiltä opetuskerroilta selvitettiin lomakkeiden avulla opiskelijoiden kemian osaamista kurssin aikana, sekä kurssin lopussa kurssikokeessa. Lisäksi kurssin lopussa opiskelijat osallistuivat kyselylomaketutkimukseen, jossa selvitettiin opiskelijoiden mielipiteitä demonstraatioista sekä niiden vaikutuksesta oppimiseen ja opiskelumotivaatioon.

Kokeellisessa osassa selvisi, että demonstraatioilla on positiivinen vaikutus opiskelijoiden opiskelumotivaatioon sekä opiskelijoiden mielestä demonstraatiot opettavat heille kemiaa. Lisäksi tutkimuksessa selvisi, että demonstraatio-opetusta saaneet opiskelijat saivat paremmat arvosanat kurssikokeesta ja erikseen suunnitellusta kokeellisesta tehtävästä.

Esipuhe

Tämä tutkielma tehtiin Jyväskylän yliopistossa 1.9.2014 - 25.5.2015 osana filosofian maisterin opintojani kemian aineenopettajan koulutusohjelmassa.

Työn ohjaajana toimi Jouni Välisaari, jolle esitän kiitokseni tutkimuksen aikana annetuista ideoista, ohjeista sekä neuvoista. Kiitän myös työni tarkastajia Jouni Välisaarta sekä Jukka Rautiaista. Vielä haluan kiittää tutkielmani kokeellisen osan mahdollistamisesta Hannu Moilasta sekä Helena Muilua.

Lisäksi kiitän perhettäni kannustamisesta sekä tyttöystävääni suuresta tuesta projektin aikana.

Jyväskylässä 25.5.2015

Timo Ahola-Olli

Sisällysluettelo

Tiivistelmä	i
Esipuhe	ii
Kirjallinen osa	1
1. Johdanto	1
2. Tutkimuksellisuuden määrittäminen	2
3. Demonstraation määrittäminen	5
4. Syitä demonstraatioiden käyttämiseen opetuksessa	7
4.1. Taloudelliset ja aikataululliset perusteet	7
4.2. Opiskelijoiden ajattelutaitojen kehittäminen	8
4.3. Kemian oppiminen	9
4.4. Onnettomuusriskin väheneminen	11
4.5. Opetuksen monimuotoisuus	12
4.6. Oppimisen seuraaminen	12
4.7. Tauko opetuksessa – perustelu	13
4.8. Demonstraatioiden motivoiva vaikutus	13
4.8.1. Yleisesti motivaatiosta	13
4.8.2. Opiskelijoiden motivaatio kemiaa kohtaan	16
4.8.3. Demonstraatioiden vaikutus opiskelumotivaatioon	18
5. Hyvän demonstraation ominaisuuksia	20
5.1. Monivaiheinen demonstraatio	20
5.2. Kognitiivinen konflikti	21
5.3. Demonstraation selkeys	23
5.4. Demonstraation tarkoituksenmukaisuus	23
6. Demonstraatioiden esittäminen	25
6.1. Teoreettiset perusteet	25
6.2. Demonstraation suunnitteluun liittyvät vinkit	30
6.3. Demonstraation esittämiseen liittyvät vinkit	33

6.3.1. Erilaisia tapoja esittää demonstraatioita.....	33
6.4. Opiskelijan aktiivisuus demonstraation aikana	37
6.5. Videoitujen demonstraatioiden käyttö kemian opetuksessa.....	40
Kokeellinen osa.....	42
7. Tutkimuksen tarkoitus.....	42
8. Tutkimusmenetelmät.....	43
8.1. Demonstraatiolomake.....	43
8.2. Koetehtävä.....	45
8.3. Kyselylomake.....	46
9. Tutkimuksen toteutus.....	47
9.1. Violetti kaasu.....	47
9.2. Kuumajää.....	48
9.3. Hiilipatsas.....	49
9.4. Kurssikoetehtävä.....	49
10. Tutkimuksen tulokset.....	50
10.1. Demonstraatiolomakkeesta saadut tulokset.....	50
10.2. Koetehtävästä saadut tulokset.....	54
10.3. Kyselylomakkeen monivalintakysymysten tulokset.....	56
10.3.1. Demonstraatioihin liittyvien väittämien tulokset.....	57
10.4. Opiskelumotivaatioon liittyvien kysymysten tulokset.....	59
10.5. Kyselylomakkeen avoimien kysymysten tulokset.....	61
11. Johtopäätökset.....	65
12. Kirjallisuusviitteet.....	67
Liitteet	

Kirjallinen osa

1. Johdanto

Kokeellisena luonnontieteenä kemian opetukseen kuuluu olennaisesti kokeellisten töiden tekeminen opetuksen yhteydessä. Tämä tavallisesti toteutetaan teettämällä opiskelijoille laboratoriotöitä. Demonstraatiot ovat myös yksi keino opettaa kemian kokeellista luonnetta opiskelijoille. Vuonna 2016 voimaan tulevissa opetussuunnitelman perusteissa peruskoulun kemian opetus painottuu makroskooppiseen tasoon, lisäksi opiskelijoiden ennakkokäsitysten ja havaintojen merkitys opetuksessa korostuu.¹ Samanlaiset suunnitelmat ovat esillä myös lukion opetussuunnitelman perusteiden luonnoksessa.² Demonstraatioiden avulla voidaan käsitellä opiskelijan arjesta tuttuja ilmiöitä ja havainnollistaa tuttuja kemian ilmiöitä koulussa.

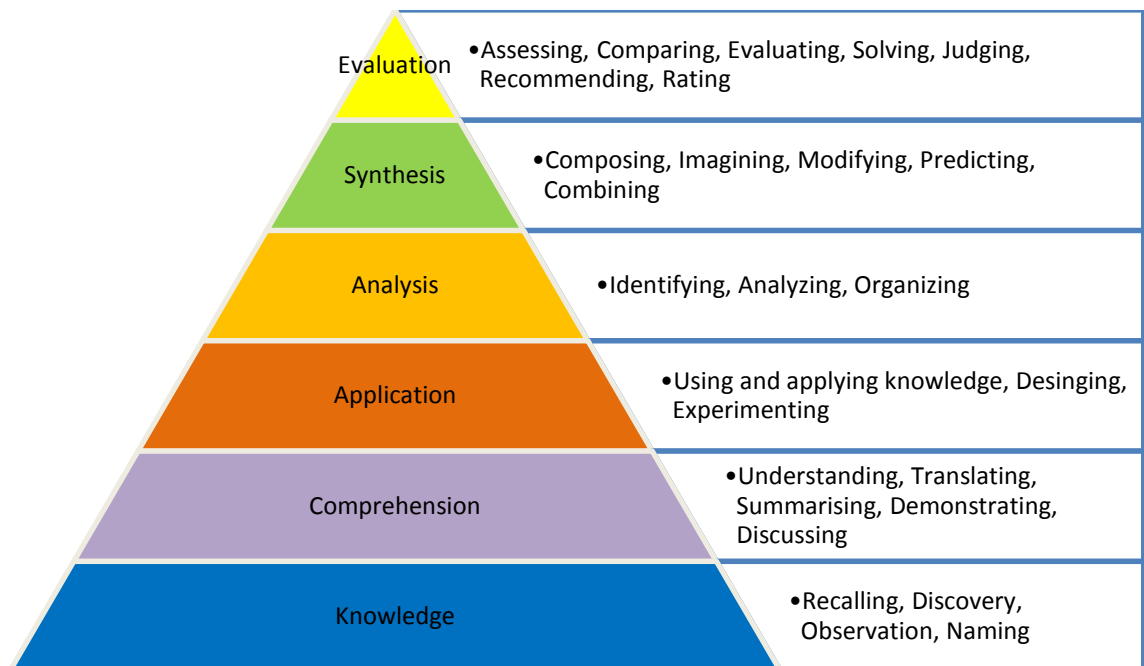
Monissa tutkimuksissa on selvitetty erilaisia perusteita demonstraatioiden käytölle opetuksessa. Tuloksissa on esillä ollut demonstraatioiden taloudellisuus laboratoriotöihin verrattuna, ajansäästö opetuksessa sekä opiskelijoiden turvallisuus laboratoriossa. Lisäksi demonstraatioilla on havaittu olevan vaikutusta opiskelijoiden oppimiseen, ajattelutaitojen ja havainnointikyvyn kehittymiseen sekä opiskelumotivaatioon.

Demonstraatioiden esittämiseen on kirjallisuudessa esitelty erilaisia keinoja. Vanhanaikaisen opettajajohtoisen ja opettajälähtöisen demonstraation tilalle on kehitelty uudenlaisia tapoja tehdä demonstraatioita opetuksessa. Lampiselkä, joka teki väitöksensä demonstraatioista lukion kemian opetuksessa, kehitti tutkimuksessaan uudenlaisen tavan opettaa demonstraatioiden avulla kemiaa siten, että opiskelijat ovat aktiivisina osallistujina oppimistilanteessa, eivätkä passiivisina seuraajina.³

2. Tutkimuksellisuuden määrittelyminen

Tutkimuksellista oppimista on vaikea luokitella, sillä kirjallisuudessa tutkimuksellisuus määritellään eri tavoin. Osa tutkimuksista vertaa tutkimuksellista työskentelyä ongelmalähtöiseksi oppimiseksi tai induktiiviseksi oppimiseksi. Toisaalta tutkimuksellisuus voidaan ymmärtää erityisesti laboratorioissa tehtäväksi kokeelliseksi tutkimukseksi. Aksela määrittelee tutkimuksellisuuden kemian työskentelytavaksi, jossa opiskelijat yhdistävät kemian osaamisensa sekä kokeellisen työskentelyn kokemuksensa pohtiessaan annettua pulmaa tai ilmiötä kehittämällä samalla heidän kemian osaamistaan.⁴

Tutkimuksellisuuden avulla opiskelijat pääsevät käsiksi siihen, mitä oikea tutkimustyö on. Tähän kuuluvat tutkimukset kaikki osa-alueet kokeellisesta työskentelystä laboratorioissa tiedonhakuun kirjaston ja Internetin välityksellä sekä kollegoiden kanssa työskentely. Tällainen työskentely harjoituttaa opiskelijoiden korkeamman tason ajattelukykyä, kuten tiedon ja tulosten arviointia ja pohdintaa, hypoteesien muodostamista ja ongelmien ratkaisukykyä. Korkeamman tason ajattelutaidot ovat esiteltyinä Bloomin taksoniassa kahdella ylimmällä portaalla kuvassa 1.⁵



Kuva 1 - Bloomin taksonomia. Kuva pohjautuu Syracuse Universityn kuvaan⁵ taksonomiasta.

Jalilin sekä McKeenin, Williamsonin ja Ruebushin mukaan monissa kokeellisissa töissä on niin sanottu keittokirja – mallinen lähestymistapa työhön. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi laboratoriotyö tai demonstraatio suoritetaan alusta loppuun ohjeiden mukaisesti, käsketään ottamaan tietyt havainnot ylös ja vertaamaan niitä tiettyihin

arvoihin. Kun opiskelija saa tulokset työstään ja vertaa niitä kirjallisuudesta todettuihin arvioihin, työ on suoritettu. Tämä työskentelytapa on hyvin yleinen laboratorio-ohjeissa.^{6,7} Tämän kaltaisissa töissä usein todistetaan jonkin luonnontieteellisen lain pätevyys tai todetaan jonkin faktan pitävän paikkaansa. Jalilin mukaan tällaisessa työskentelyssä on huonona puolena se, että opiskelija ei saa ymmärrystä kemian tietosisällöstä. Työskentely muuttuu ajatustyöskentelystä mekaaniseksi suorittamiseksi. Toisaalta tämänkaltaisella työskentelyllä on usein hyvä aloittaa kemian kokeellinen opiskelu, jolloin opiskelija saa tarvittavat esitiedot ja oppii kemian työtavat, joita hän tarvitsee tulevilla opinnoillaan.⁷

Parannuksena Jalil ehdottaa käytettäväksi ohjattua tutkimuksellisuutta, jossa laboratoriotyöskentely on avointa ja tutkimuksellista. Tällä tarkoitetaan sitä, että opiskelijat opettajan opastuksella valitsevat, mitä ja miten haluavat tutkia. Opiskelijat suunnittelevat suoritettavat kokeet sekä mitä tuloksia heidän tulisi kerätä. Suunnitelma hyväksytetään opettajalla ennen työhön käymistä, jolloin varmistetaan tutkimuksen oikeellisuus sekä opiskelijoiden työturvallisuus.⁷

McKeenin, Williamsonin ja Ruebushin tutkimuksessa esiteltiin heidän ehdotuksensa toteuttaa ohjattua tutkimuksellisuutta. Tässä työtavassa opiskelijoille annetaan jokin työskentelyohje jota seurata, mutta tuloksien tulkinta tai ratkaisujen pohdinta jätetään opiskelijoiden vastuulle. Demonstraatiota tehdessä opettaja voi esimerkiksi jättää tietoisesti joitain asioita opiskelijan vastuulle havainnoida. Tällöin opiskelijat saadaan hieman ajattelemaan demonstraatioissa esiteltävää ilmiötä ja omia havaintojaan siitä.⁶

Kun opiskelijoiden ajattelua halutaan saada vielä pidemmälle, McKeenin, Williamsonin ja Ruebushin mukaan voidaan käyttää työtapanavointa tutkimuksellisuutta. Edelliseen työtapaan verrattuna avoimessa tutkimuksellisuudessa opiskelijoille annetaan jokin tutkimuskohde, johon he kehittävät itse tutkimusmenetelmät sekä selvittävät mitä dataa heidän tulee kerätä ja miten sitä tulkitsevat. Demonstraatioissa opettaja voi toimia opiskelijoiden suunnittelemien ohjeiden mukaisesti tai tehdä demonstraatioon muokkauksia opiskelijoiden ehdotuksien mukaisesti. Opettajan tehtävänä tässä työskentelytavassa on ohjata opiskelijoita oikeiden tutkimusmenetelmien ääreen sekä pitää huolta työturvallisuudesta. Varsinaisesti opettaja ei ole opettamassa opiskelijoita, vaan ainoastaan tukena opiskelijoiden tutkiessa.⁶

Parhaiten korkeamman tason ajattelukykyjä tutkijoiden mukaan kehittää ongelmalähtöinen opetus. Opiskelijoille annetaan tässä työtavassa vain ongelma tai

tehtävä, jonka ratkaisemiseksi heidän täytyy käyttää kemian tietouttaan ja tarvittaessa hankkia lisää tietoa aiheesta. Opiskelijat suunnittelevat työt ja toteuttavat ne. Tarvittaessa töitä täytyy muokata oikeiden tuloksien saamiseksi ja ratkaisun löytämiseksi. Tässäkin työtavassa opettajan rooli muuttuu opettajasta ohjaajaksi, joka toimii opiskelijoiden tutkimuksen tukena.⁶

Tutkimuksellisuuden käyttämiseksi opetuksessa on monia perusteluita. McKeenin, Williamsonin ja Ruebushin tekemän tutkimuksen mukaan tutkimuksellinen työskentely on kemian opetuksessa opiskelijalle opettavaisempaa kuin tavallinen kokeellinen työskentely. Tutkimuksellisuus antaa myös opiskelijalle syvemmän ymmärryksen kemiasta ja sen ilmiöistä.⁶ Samanlaiseen tulokseen on päätyneet myös Black tutkimuksessaan. Black lisää, että tutkimuksellisuus vaikutti myös opiskelijoiden kemian opiskelumotivaatioon positiivisesti.⁸ Lisäksi Hofstein korostaa tutkimuksessaan, että tärkeintä kemian oppimisen kannalta on tutkimuksellisuus, joka antaa kunnollisen ymmärryksen kemiasta ja tieteistä yleensä. Tutkimuksen mukaan opiskelijat, joita on opetettu tutkimuksellisin menetelmin, esittävät parempia ja tarkempia kysymyksiä kemiasta jatko-opinnoissa kuin he, joita ei ole opetettu tutkimuksellisesti.⁹

Ongelmalähtöisen oppimisen, ja tutkimuksellisen oppimisen yleensä, onnistumiseksi opiskelijoiden tulisi olla hyvin tietoisia tämänkaltaisesta työskentelystä, sillä jos oppimismenetelmä on täysin tuntematon opiskelijoille, ongelmalähtöinen oppiminen ei onnistu. Lisäksi tutkimuksellinen oppimistilanne täytyy olla opiskelijoiden taitotasoon suhteutettu. Jos tehtävä on liian avoin, opiskelijat hukkuvat helposti tutkimuksiinsa, eivätkä pääse etenemään tai edes aloittamaan. Toisaalta jos tehtävä on liian rajoitettu, keittokirjamaisesti suunniteltu, eivät opiskelijat harjoita tutkimuksellisuutta lainkaan, vaan opettelevat suorittamaan algoritmisesti tehtävää. Opettajan tulisi lisätä tutkimuksellisuutta asteittain opetukseensa, jotta opiskelijat ehtivät tottua uudenlaiseen oppimismenetelmään.^{4,6}

Millerin mukaan opettajien tulisi tavoitella luokkaansa sellaista ilmapiiriä, jossa kriittinen ajattelu ja terve kyseenalaistaminen ovat sallittuja. Tämä johtuu siitä, että tutkimuksellisuus ja opiskelijan ajattelu on tärkeämpää oppimisen kannalta kuin oikea vastaus opettajalle. Liian usein kuitenkin opettaja hyväksyy joko huomaamattaan tai tarkoituksenmukaisesti oikeita vastauksia, jolloin opiskelijat oppivat vain vastaamaan oikean vastauksen opettajalle.¹⁰

3. Demonstraation määrittelyminen

Perinteisesti demonstraatiolla tarkoitetaan kemian opetuksessa käytettävää kokeellista työtä, jonka opettaja esittää luokalle. Wolfe mainitsee tutkimuksessaan, että demonstraatiot ovat ainutlaatuisia oppimistilanteita, joita ei ole monessa oppiaineessa mahdollisuutta tarjota. Tämä mahdollisuus tulisi Wolfen mukaan käyttää ehdottomasti hyväksi opetuksessa.¹¹ Lampiselän mukaan demonstraatioita pidetään nykyisin kemian opetuksen yhtenä perusmuotona.³

Demonstraatiolle on kuitenkin muitakin määritelmiä riippuen mistä näkökulmasta demonstraatiota tarkastellaan. Demonstraatioita voidaan tarkastella opettajan käyttämänä työvälineenä, jolloin demonstraatio on yksi opettajan käytettävissä opetuskeinoista. Tällöin demonstraation tarkoituksena on toimia tiedon välittäjänä demonstraation katsojalle. Tanisin ja Shakhaskirin tekemän raportin mukaan demonstraatiot ovat oivallinen opetuksen työväline, joilla saadaan kemian abstrakti teoriatieto yhdistettyä konkreettiseen esimerkkiin opetettavasta ilmiöstä.¹² Samaa mieltä on Lampiselkä, joka toteaa teorian yhdistämisen käytäntöön olevan demonstraatioiden suurin opetuksellinen etu, sillä demonstraatio-opetuksessa tavoitellaan luonnonilmiön mallintamista kontrolloidussa olosuhteessa pelkistettynä vain muutamiiin muuttujiin.^{3,13} Tämä tulee Lampiselän mukaan pitää mielessä demonstraatiota valitessa ja tehdessä.³ Tällöin opittava kemian ilmiö on opetuksen keskiössä ja ilmiön oppimisen kannalta tarpeettomat muuttujat eivät häiritse oppimista.¹³

Lampiselän mukaan demonstraatio perustuu mallioppimiseen, jossa opiskelija oppii näkemällä kokeneemman ohjaajan suorittavan työn, ja toistamalla perässä. Lampiselkä kuitenkin huomauttaa, että kemian oppimisen kannalta ilmiöiden ymmärtäminen on tärkeämpää kuin esimerkin matkiminen. Demonstraation matkiminen on oleellista silloin, kun opiskelijan oletetaan tekevän saman työn myöhemmin. Tällöin demonstraatiolla voidaan opettaa esimerkiksi kemian laitteiston käyttöä.³

Demonstraatioita voidaan tarkastella työvälineen sijaan oppimistilanteena. Lampiselkä määrittelee kirjassaan demonstraation vuorovaikutusprosessiksi, jossa on aina esittäjä ja havainnoitsija.¹³ Roadruckin mukaan demonstraatiot ovat oppimistilanteita, jotka parantavat kemian tiedon omaksumista ja kehittävät opiskelijan formaalia ajattelua.¹⁴ Samaa mieltä on myös Lampiselkä, jonka mukaan demonstraatioiden tavoitteena on opiskelijan ajattelun aktivoiminen, luonnontieteellisen ajattelun omaksuminen ja kemian teorian ja luonnonilmiön yhteyden havainnollistaminen.^{3,13} Roadruck painottaa,

että tämä pitää paikkaansa vain, jos demonstraatio esitetään ja toteutetaan hyvin sekä demonstraation esittämiseen on hyvät pedagogiset perusteet. Demonstraatiolla täytyy olla yhteistä rajapintaa opetettavan kemian sisällön kanssa. Tämä saadaan aikaiseksi demonstraation esittäjän esittämällä kysymyksillä ja opiskelijoiden muodostamilla hypoteeseilla, ennustuksilla ja havainnoilla.¹⁴

Demonstraatioita voidaan myös luokitella erilaisin perustein. Yksi peruste on luokitella demonstraatio käytetyn tekniikan perusteella, jolloin tarkoitetaan kokeellisia demonstraatioita tai simulaatioita.³ Esimerkiksi voidaan havainnollistaa hapen merkitystä palamisreaktiossa kokeellisesti tai voidaan havainnollistaa orgaanisen molekyylin sidoksia tietokoneavusteisesti mallintamalla. Toinen peruste on jakaa demonstraatiot tieteellisen päättelyn etenemisen suunnan mukaan. Päättely voi edetä havainnoista teorioihin induktiivisesti tai teorioista havaintoihin deduktiivisesti. Jos demonstraation tavoite on ryhmädynamiikassa tai pedagogiikassa, niin voidaan puhua opettaja- ja oppijajohtoisista demonstraatioista. Jako voidaan myös tehdä tutkimuksen luonteen perusteella laadullisiin tai määrällisiin demonstraatioihin. Jaottelu ei kuitenkaan ole Lampiselän mukaan toisiaan poissulkevaa, vaan menetelmiä voidaan sekoittaa keskenään tarpeen mukaan.³

4. Syitä demonstraatioiden käyttämiseen opetuksessa

Useissa tutkimuksissa on esitetty perusteluita demonstraatioiden käyttämiseksi opetuksessa. Lampiselkä¹³ on esitellyt yleisimpiä perusteluita demonstraatioiden käyttämiselle opetuksessa. Näitä ovat esimerkiksi

1. Taloudelliset ja aikataululliset perusteet
2. Opiskelijoiden ajattelutaitojen kehittäminen
3. Kemian oppiminen
4. Onnettomuusriskin väheneminen
5. Opetuksen monimuotoisuus
6. Demonstraatioiden motivoiva vaikutus

Seuraavissa kappaleissa käsitellään näitä yleisimpiä perusteita tarkemmin.

4.1. Taloudelliset ja aikataululliset perusteet

Meyerin, Paneen, Schmidtin ja Nozawan mukaan laboriotyöskentely on kallista, varsinkin isoissa ryhmissä, joissa reagensseja ja laboriovälineitä tarvitaan enemmän. Myös koulun välineistö saattaa olla huonosti varusteltu tai lähestulkoon varustamaton.¹⁵ Samaan ajatukseen on päätyneet myös Serianz ja Graham, joiden mukaan laadukkaan laboriotyöskentelyn takaamiseksi koulu tarvitsee paljon välineistöä ja kemikaaleja.¹⁶ Tämä tekee laboriotyöskentelystä kallista. Hunt huomauttaa lisäksi, että usein kouluissa on käytössä vanhanaikaiset työohjeet tai menetelmät, joiden uudistaminen välineistön ohella on myös tarpeen laadukkaan laborio-opetuksen takaamiseksi.¹⁷ Uudistaminen voi kuitenkin olla todella mahdotonta, sillä Fortman ja Battinon tekemän raportin mukaan koulujen huonon taloustilanteen vuoksi on jouduttu leikkaamaan menoja opetuksesta. Usein luonnontieteellisissä oppiaineissa tämä näkyy kokeellisen opetuksen, kuten laboriotöiden ja demonstraatioiden, vähentämisenä opetuksesta.¹⁸

Tutkimusten mukaan tavallinen laboriotyöskentely vaatii opettajalta aikaa ja vaivaa suunnitteluun ja toteuttamiseen. Lisäksi laboriotyöskentely vie paljon aikaa kiireiseltä kurssiaikataululta.^{16,17} Ratkaisuksi tutkijat ehdottavat demonstraatioiden käyttämistä opetuksessa, sillä ajallisesti demonstraatio ei vie tunnista paljon aikaa muulta opetukselta. Lisäksi välineistöä tai kemikaaleja ei tarvitse kuin demonstraatioon tarvittavan määrän.¹⁵ Lisäksi Tanis ja Shakhaskiri huomauttaa, että koska demonstraatio ei vie tunnista paljoa aikaa, opiskelija saa jo samalla tunnilla kokeellisen esimerkin opetettavasta kemian ilmiöstä. Usein laboriotöillä opetettaessa joudutaan varaamaan

kokonainen tunti työskentelyyn, jolloin kemian ilmiötä käsiteltäessä kokeellinen osa väkisin siirtyy seuraavalle oppitunnille. Jos teoriaopetuksen ja kokeellisen opetuksen välissä on liian suuri aikaväli, opiskelija helposti unohtaa kemian teorian tai kokeellisen osuuden merkityksen.¹²

4.2. Opiskelijoiden ajattelutaitojen kehittäminen

Sweeder ja Jeffery havaitsivat opiskelijoiden suurimman ongelman olevan saman kurssin sisällä olevien kemian tietosisältöjen yhdistäminen toisiinsa. Opiskelijat eivät nähneet yhteyttä kurssin alussa opituilla asioilla ja kurssin lopussa opituilla asioilla. Tutkimuksessa havaittiin, että demonstraatiot auttavat opiskelijaa yhdistämään kemian teoriaa ja sisältöä erilaisiin sovelluksiin ja arkielämän ilmiöihin ja täten oppimaan yhteyden kurssin sisältöjen välillä.¹⁹ Samoin Lampiselän tutkimuksessa havaittiin, että demonstraatio alentaa kynnystä siirtyä arkiajattelusta abstraktiin ajatteluun, sillä demonstraatio linkittää ilmiön ja teorian.³ Tämä on oppimisen kannalta oleellista, kun opiskelija saa sidottua opittavan asian selkeään kontekstiin.

Demonstraatioilla on tutkimusten^{3,12,14} mukaan opiskelijoiden havainnointikykyä kehittävä vaikutus. Tanisin ja Shakhaskirin mukaan demonstraatio-opetuksessa on tärkeää se, että opiskelijat keskittyvät kemian ilmiöön ja sen ominaisuuksiin eikä pelkästään teoreettisiin symboleihin ja kemian tehtäviin.¹² Lampiselän mukaan demonstraatiot kehittävät myös opiskelijoiden kykyä erottaa epäoleelliset asiat oleellisista niin havainnoissaan kuin tutkimuksen tuloksista. Oleellisten asioiden erottaminen auttaa opiskelijoita yhdistämään pieniä yksityiskohtia laajempiin kokonaisuuksiin.³

Demonstraatiot kannustavat opiskelijoita ajattelemaan kuin tutkijat. Millerin mukaan demonstraatiolla voidaan havainnollistaa ennalta tuntematonta ilmiötä, josta opiskelijat tekevät havaintoja ja esittävät perusteita havainnoilleen. Toisaalta opiskelijat voivat ehdottaa muutoksia demonstraatioon, jolloin opiskelijat pääsevät muodostamaan hypoteeseja mahdollisista muutoksista demonstraatioissa. Joskus nämä muutokset eivät aiheuta minkäänlaista muutosta demonstraatioon, jolloin opiskelijat oppivat, etteivät kaikki tutkimukset tuota toivottua tulosta, mutta tutkimukset ovat muokattavissa.¹⁰

Millerin mukaan opettajan tärkein tehtävä on uskaltaa päästää kontrolli luokasta ja antaa opiskelijoiden itse tutkia ilmiötä. Tietenkin opettajan täytyy olla läsnä oppimistilanteessa, jotta hän voi neuvoa opiskelijoita tarpeen tullen, ja varmistaa

työskentelyturvallisuus luokassa. Tämä sama pätee sekä laboratoriotyöskentelyssä että demonstraatio-opetuksessa.¹⁰

4.3. Kemian oppiminen

Serianzin ja Grahamin mukaan demonstraatiot ovat hyvä opetusmenetelmä opiskelijan oppimiselle, mutta osa opettajista ei silti käytä demonstraatioita omassa opetuksessaan.¹⁶ Tämä on heidän mukaansa harmillista, sillä demonstraatioilla on erittäin opettavainen vaikutus. Kemian oppiminen demonstraation avulla tapahtuu esimerkin kautta. Bodnerin ja Roadruckin mukaan opittava asia kemiassa on usein liian abstrakti opiskelijan ymmärrettäväksi, jolloin on tärkeää tarjota opiskelijalle konkreettinen esimerkki opittavasta ilmiöstä.^{14,20} Deese, Ramsey, Walczyk ja Eddy perustelevat konkreettisen esimerkin käyttöä sillä, että se yhdistää kemian mikro- ja makrotasoa toisiinsa. Helpoiten tämä heidän mukaan onnistuu demonstraatioiden avulla, sillä silmin havaittava kemian ilmiö demonstraatioissa saa selityksensä abstraktista kemian mikrotasosta, kemian teorian tiedosta.²¹ Samaa painottavat Hepburn ja Ramette, joiden mukaan demonstraatiot tarjoavat kemian ilmiöistä aistein havaittavat esimerkit, jotka toimivat jälkikäteen erinomaisina muistijälkinä kemian aiheesta^{22,23} Tätä tukee myös Piercen ja Piercen havainto, että opiskelijan on helpompi selittää havaittua kemiaa helpommin kuin abstraktin teorian kautta.²⁴

Esimerkin ei tarvitse olla pelkästään kokeellinen esimerkki opittavasta kemian ilmiöstä, vaan kyseessä voi olla opettajan näyttämä esimerkki laitteiston, kokeen tai mittauksen suorituksesta. Tällöin Lampiselän mukaan puhutaan mallioppimisesta.³ Huntin mukaan demonstraatio-opetusta usein kritisoidaan juuri siitä, että se ei opeta opiskelijoille laboratoriotyöskentelyn taitoja. Hunt huomauttaa kuitenkin, että demonstraatio-opetuksella on mahdollista opettaa työskentelyn alkeita. Esimerkkinä hän käyttää analyttisen vaa'an käyttöä. Kerran nähtyään kuinka vaakaa käytetään, opiskelija osaa matkia opettajaa ja käyttää vaakaa itse.¹⁷

Woodin ja Breyfoglen mukaan opiskelijat tuovat mukanaan luokkaan erilaisia virhekäsityksiä tieteestä ja tieteellisistä konsepteista. Virhekäsitysten ennaltaehkäisemiseksi ja jo syntyneiden virhekäsitysten korjaamiseksi he suosittelivat demonstraatioiden käyttöä kemian opetuksessa.²⁵ Roadruck perustelee demonstraatioiden käytön opetuksessa konstruktivismiteoriolla. Teorian mukaan oppitunnilla opittava uusi tieto voi muokata aiempia tietorakenteita korvaamalla tai muokkaamalla niitä. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi aiemman tiedon ollessa

virheellinen, uusi tieto voi muokata aiemmin tiedon oikeaksi, jolloin uusi tieto sopii paremmin yhteen vanhan kanssa. Toisaalta, jos uusi tieto on hieman virheellinen tai opiskelija ymmärsi väärin, on mahdollista muodostua virhekäsityksiä, jolloin uusi tieto muuttaa aiempaa käsitystä virheelliseksi. Tämä voi tapahtua myös silloin, kun aiempi tieto on jo valmiiksi virheellinen ja uusi tieto ei opiskelijan mielestä sovi aiemmin opittuun, vaan hän muokkaa uuden tiedon sopimaan aiemmin oppimaansa.¹⁴

Lampiselän mukaan demonstraatio aiheuttaa seuraajissa välittömästi pintaoppimista. Tällä tarkoitetaan sitä, että oppiminen on yksittäisten tietojen hallintaa ja muistamista. Syväoppimisella Lampinen tarkoittaa sitä, että nämä yksittäiset tiedot ja muistamiset muotoutuvat verkostoksi tai tietorakenteeksi konstruktivismiteorian mukaisesti. Demonstraatio toimii siis Lampiselän mukaan erinomaisena syväoppimisen alullepanijana.³

McKeenin, Williamsonin ja Ruebushin tutkimuksessa kävi ilmi, että opetettaessa opiskelijoita perinteisellä laboratorio-opetuksella tai demonstraatio-opetuksella opiskelijoiden kemian tietotaidoissa ei ole eroa.⁶ Samanlaiseen tulokseen ovat päätyneet myös muut tutkimukset.^{24,26} Toisaalta Deesen, Ramseyen, Walczykin ja Eddyn tutkimuksessa havaittiin, että demonstraatio-opetuksella opetettu ryhmä sai jopa paremman ymmärryksen kemiasta kuin laboratorio-opetuksella opetettu ryhmä.²¹

Huomioitavaa Reedin tutkimuksessa on kuitenkin se, että keskitason ja heikomman tason opiskelijat saavat enemmän hyötyä demonstraatioista kuin laboratoriotyöskentelystä. Tämä voisi Reedin mukaan johtua laboratoriotyöskentelyn keittokirjamaisista ohjeista, jolloin opiskelija ei ymmärrä työn tarkoitusta, vaan toteuttaa työn mekaanisesti alusta loppuun. Reedin mukaan on myös mahdollista, että opiskelija ei vain yksinkertaisesti osaa työskennellä laboratorio-olosuhteissa.²⁶

Molemmissa tutkimuksissa huomautetaan, että opiskelijoiden laboratorioidoissa nähdään kuitenkin selkeä ero verrattuna ryhmään, jolle opetettiin perinteisillä laboratorioidoilla.^{6,26} Tämä on sinänsä hyvin oletettavissa, sillä opiskelijat, joille on opetettu laboratorio-opetuksella, todennäköisesti oppivat laboratorioidoita käsitellessään itse laitteistoja ja kemikaaleja.

McKeen, Williamson ja Ruebush korostavat, että demonstraatioiden tarkoituksena ei ole korvata laboratoriotyöskentelyä. Demonstraatiot tutkitusti soveltuvat käytettäväksi tilanteissa, joissa perinteisen laboratoriotyöskentelyn toteuttaminen on haasteellista tai jopa mahdotonta. Lisäksi demonstraatiot soveltuvat erityisen hyvin toteutettavaksi

perinteisen luento-opetuksen yhteydessä ja McKeenin, sekä muiden tutkijoiden, mukaan tämä olisi jopa suotavaa. Tutkijoiden mukaan pelkästään luennoimalla opetettaessa opiskelijat eivät opi yhtä hyvin, kuin esittämällä demonstraatioita luennon yhteydessä.⁶

Deesen, Ramseyen, Walczykin ja Eddyn tutkimuksen mukaan demonstraatiot auttavat monimuotoistamaan opetusta. Tämä on opiskelijoiden oppimisen kannalta hyvä asia, sillä oppimista voi tapahtua monella eri tasolla, jolloin opetuskeinojen monipuolistaminen on tärkeää erilaisten oppijoiden huomioon ottamiseksi. Tutkijat huomasivat myös, että tutkimuksessa demonstraatio-opetusta saanut ryhmä menestyi myös paremmin tulevissa kokeissa ja testeissä. Tämä voisi viitata siihen, että demonstraatioilla voi olla pidempiaikainen vaikutus kemian oppimiseen.²¹

4.4. Onnettomuusriskin väheneminen

Tanis ja Shakhaskiri mainitsevat demonstraatioiden eduksi sen, että demonstraatioiden avulla voidaan esitellä sellaisia kemian ilmiöitä, jotka tarvitsevat opiskelijan käsiteltäväksi liian vaarallisia kemikaaleja. Tällöin demonstraatiolla pystytään kuitenkin käymään läpi ilmiön takana oleva kemia ilman huolta opiskelijoiden kemikaalien käyttötaidoista.¹² Hunt vie tämän ajatuksen vielä pidemmälle ja toteaa, että demonstraatioita tulisi käyttää kemian opetuksessa, koska opiskelijat eivät ole tarpeeksi kyvykkäitä työskentelemään laboratoriossa, tehden työskentelystä vaarallista.¹⁷ Tämä saattaa olla hieman vanha käsitys opiskelijoiden taidoista. Mikäli opiskelijalla ei ole tarvittavia taitoja toimia kemian laboratoriossa, tulee kokeellisuus ottaa asteittain mukaan opetukseen. Näin opiskelija saa vähitellen harjoiteltua työskentelyn perusteita ilman vaaraa kemikaalien tai laitteistojen väärinkäytöstä.

Nagelin ja Bodnerin tutkimuksissa huomautetaan, että voimakkaasti eksotermisissä ja räjähtävissä demonstraatioissa huomio saattaa kiinnittyä liikaa itse demonstraation visuaaliseen puoleen, jolloin kemian sisältö unohtuu.^{27,28} Bodner lisää tähän liian reaktiivisten demonstraatioiden esittämisen lisäävän onnettomuuden riskiä huomattavasti.²⁸ Nagel muistuttaa, että tällaiset demonstraatiot voivat antaa huomaamatta negatiivisen kuvan kemistin työstä: työssä on vaarana aina räjäyttää jotain tai työ on todella vaarallista. Demonstraatioiden tarkoituksena olisi opettaa kemiaa eikä karkottaa opiskelijoita kemian parista. Nagelin mielestä demonstraatioiden käyttö opetuksessa on kuitenkin pedagogisesti perusteltua, kunhan opettaja muistaa valita demonstraationsa tarkoituksenmukaisesti.²⁷ Bodner toteaa lopuksi, että tämän lisäksi

olisi tärkeää, että opettaja pitää huolta niin omasta turvallisuudestaan kuin opiskelijoiden turvallisuudesta.

Vaikka edellä viitatuissa tutkimuksissa^{17,27,28} kritisoitiin vaarallisten demonstraatioiden tekemistä koulussa, on joillakin niistä myös opettava tarkoitus. Esimerkiksi paloturvallisuutta käsitellessä on hyvä demonstroida erilaisten aineiden herkästi syttymistä. Tähän tarkoitukseen sopii esimerkiksi etanolihöyrypullo – demonstraatio, jossa läpinäkyvään pulloon kaadetaan etanolia ja pulloa ravistetaan. Nestemäinen etanoli kaadetaan pullosta pois ja tyhjältä näyttävän pullon suulle viedään sytytetty tulitikku. Pullossa oleva etanolihöyry syttyy ja aiheuttaa voimakkaan ääniefektin sekä leimahduksen. Tällainen demonstraatio opettaa kemian sisällön lisäksi opiskelijoita käsittelemään arkipäiväisiä kemikaaleja turvallisesti. Artikkeleiden kirjoittajat ovat kuitenkin oikeassa siinä, että demonstraation ei tarpeettomasti tarvitse olla vaarallinen vain reaktion näyttävyyden vuoksi. Jälleen kerran painotetaan sitä, että opettajan tulisi valita demonstraationsa tarkoituksenmukaisesti.

4.5. Opetuksen monimuotoisuus

Demonstraatiot tarjoavat erilaisen tavan opettajalle kohdata opiskelijansa. Erityisesti heikommin menestyvät opiskelijat oppivat paremmin demonstraatioista. Tätä Meyer, Panee, Schmidt ja Nozawa perustelevat sillä, että usein heikoimmin menestyvillä opiskelijoilla on vaikeuksia oppia tavallisessa formaalissa opetustilanteessa, jossa opettajajohtoisesti opetetaan teoriaa samalla, kun opiskelijat istuvat hiljaa pulpeteissaan. Tällöin formaalista poikkeava tapahtuma, esimerkiksi demonstraatio, tarjoaa tällaiselle opiskelijalle virikkeen johon keskittyä. Lisäksi opettaja voi käyttää heitä apuopettajina demonstraatiota valmistellessa tai jopa suorittaessa.¹⁵

Demonstraatioiden käyttö opetuksessa tekee kemian opetuksesta monipuolista. Ramette kehottaa opettajia käyttämään demonstraatioita opetuksessaan, sillä hänen mukaansa kemia on pelkästään kirjasta opiskelemalla todella tylsä oppiaine. Kokeellisuus ja tutkimuksellisuus ovat luonnontieteille ja erityisesti kemialle ainutlaatuinen ominaisuus, joita tulisi ehdottomasti käyttää opetuksessa hyödyksi.²²

4.6. Oppimisen seuraaminen

Demonstraatioiden suurena etuna on Ramseyen, Walczykin, Deesen ja Eddyn mukaan se, että opettajalla on mahdollisuus tarkkailla opiskelijoiden oppimista demonstraation

aikana, johtuen siitä, että demonstraatiot antavat välitöntä palautetta oppimisesta.²¹ Lampiselän mukaan välitön palaute oppimisesta ohjaa opettajan toimia jo saman demonstraation aikana, jolloin oppimista voidaan ohjata reaaliajassa. Toisaalta taas oppimisesta saatu palaute vaikuttaa opettajan tuleviin demonstraatioihin ja opetuskertoihin.¹³ Tutkijoiden mukaan välitön palaute demonstraatio-opetuksessa johtuu siitä, että vuorovaikutus opettajan ja opiskelijoiden välillä on helppoa demonstraatio-opetuksessa.²¹ Opettajan tuleekin aktiivisesti pyrkiä opetuksessaan vuorovaikutukseen opiskelijoiden kanssa, sillä Lampiselän mukaan demonstraatio-opetus saattaa helposti muuttua liian opettajakeskeiseksi monologiksi.³

4.7. Tauko opetuksessa – perustelu

Hepburn on huomannut työssään, että perinteisessä luennoimisessa täytyy pitää taukoja oppilaiden vireystilan ylläpitämiseksi. Tauon ei tarvitse olla konkreettinen tauko, vaan tauko voi olla myös opetustavan totaalinen muuttaminen edellisestä opetustavasta. Esimerkiksi 20 minuutin muistiinpanojen kirjaamisen jälkeen opettaja esittää aiheeseen liittyvän demonstraation, joka tarjoaa uudenlaisen virikkeen opiskelijoille.²³ Myös muissa tutkimuksissa^{20,21} on päädytty samaan johtopäätökseen demonstraatioiden tuntirakennetta rikkovasta vaikutuksesta, jolloin opiskelijalle on tarjolla erilaisia virikkeitä. Nämä tauot ovat opiskelijan oppimisen kannalta tarpeellisia, sillä yksitoikkoisen opetuksen aikana aivot eivät saa enää stimulaatiota, jolloin opiskelija ei enää ajattele tekemäänsä. Tällöin ei tapahdu myöskään oppimista.²¹

4.8. Demonstraatioiden motivoiva vaikutus

4.8.1. Yleisesti motivaatiosta

Yli-Sissalan mukaan motivaatio määritellään dynaamiseksi suhteeksi yksilön sisäisten tarpeiden, ulkoisten vaikutusten ja ympäristön välillä. Motivaatio on muuttuva, vuorovaikutuksessa oleva voima, joka voi muuttua täysin tilanteesta riippuen.²⁹

Motivaatiota voidaan käsitellä kiinnostuksen näkökulmasta, jolloin motivaatiolla on selkeä kohde, esimerkiksi harrastus tai oppiaine. Opiskelija haluaa kehittää kiinnostuksensa kohteen taitoja ja osaamista. Yli-Sissalan mukaan on kahdenlaista kiinnostusta: tilannekohtaista ja henkilökohtaista. Tilannekohtainen kiinnostus on usein väliaikaista ja saattaa koskea vain tiettyä osa-aluetta kokonaisuudesta. Henkilökohtainen kiinnostus on usein pysyvä ja kohdistuu tiettyyn aiheeseen.²⁹

Opiskelijan kiinnostus voi toisaalta johtua erilaisista motiiveista. Blackin ja Decin mukaan kiinnostus on autonomista silloin kun työskentely tapahtuu vapaaehtoisesti ja opiskelijan omasta kiinnostuksestaan aihetta kohtaan. Esimerkiksi opiskelija pitää kemiasta, joten hän opiskelee sitä mielellään. Päinvastoin kiinnostus on kontrolloitua, kun sillä on ulkoinen paine tai motivaation lähde. Esimerkiksi opiskelija opiskelee kemiaa, koska hänen äitinsä sanoi sen olevan tärkeää.³⁰

Aksela luokittelee edellä mainitut motiivit sisäiseen ja ulkoiseen motivaatioon. Sisäinen motivaatio on lähtöisin opiskelijasta itsestään. Akselan mukaan monet tekijät vaikuttavat opiskelijan sisäiseen motivaatioon. Näitä ovat esimerkiksi kiinnostus aiheeseen, kiinnostuksen kohteen tarpeellisuus, opiskelijan omat tavoitteet, itsensä arvon määrittäminen, omat taidot, pätevyys sekä ajatukset opiskeluympäristöstä. Ulkoinen motivaatio on taas lähtöisin opiskelijan ulkopuolisista lähteistä, kuten esimerkiksi vertaispaineesta, velvollisuudesta tai odotuksista. Lisäksi ulkoiseen motivaatioon vaikuttavat muiden ihmisten reaktiot, palkinnot, kannustimet ja rangaistukset.⁴

Akselan mukaan opiskelijan motivaatio muuttua sisäiseksi motivaatioksi, jos se täyttää tiettyjä ehtoja. Ensimmäinen ehto on, että opiskeltava asia tarjoaa opiskelijalle haasteen, mutta ei ole mahdoton suorittaa. Vastaavasti haaste ei saa olla liian helppo, että opiskelijalle tulee tunne, että hän saa jotain aikaiseksi. Opiskeluissa menestyminen lisää motivaatiota entisestään.⁴

Opiskelijalla tulee olla mahdollisuus saada myös oppimisestaan ja opiskelustaan palautetta. Pelkästään suoritus ei usein kerro täydellisesti osaamista, vaan palautteesta voidaan saada tukea ja ohjausta tulevaisuutta varten. Toisaalta opiskelijalla tulee olla mahdollisuus myös antaa palautetta opetuksesta, jolloin opiskelijalla on mahdollisuus vaikuttaa omaan opetukseensa.⁴

Opiskelija on motivoituneempi oppimistilanteessa, jossa ei ole tarpeettomia häiriötekijöitä.⁴ Tällöin oppimistilanteessa opittava asia on huomion keskipisteenä. Lisäksi oppimistilanteen tarpeetonta rajoittamista tulisi välttää, jolloin opiskelijat saavat työskennellä vapaasti. Opiskelijan työskennellessä vapaasti oman halunsa mukaisesti hän on motivoituneempi kuin pakotettuna.⁴

Tärkeää opiskelijan motivaation kannalta on se, että tehty työ arvioidaan ja siitä saadaan edellä mainitusti palautetta.⁴ Jos työtä ei arvioida, opiskelija voi jättää työn tekemättä tai työtä ei tehdä suurella panostuksella. Arvostelu tulisi Akselan mukaan keskittyä

opiskelijan henkilökohtaiseen arviointiin eikä aiheuttaa opiskelijoiden välille kilpailuasetelmaa.⁴

Akselan mukaan opiskelijan opiskelumotivaatioon vaikuttaa kolme asiaa. Ensimmäinen on opiskelijan näkemys siitä, kuinka tärkeää opiskeltava asia on.⁴ Tähtä tarkentaa, että tärkeys on opiskelijasta riippuva näkemys, mutta usein aiheen tärkeys määräytyy aiheen merkityksestä opiskelijan arkielämään tai suunnitellun uran kannalta.³¹ Zusho, Pintrich ja Coppola täydentävät, että opiskelijan kokiessa opiskeltavan asian hyödylliseksi tai tärkeäksi, opiskelijan motivaatio paranee sekä tulokset paranevat.³² Hyödyllisyys riippuu kuitenkin opiskelijan tavoitteista. Usein opiskelija saapuu kurssille jokin tavoite mielessään, esimerkiksi kurssin läpäiseminen tai kurssin sisällön oppiminen. Zusho, Pintrich ja Coppola kutsuvat tätä ominaisuutta opiskelijan tavoitteellisuudeksi ja ovat jakaneet tavoitteellisuuden kahteen alaluokkaan: tuloskeskeiseen ja osaamiseen suuntautuneeseen. Nimensä mukaisesti tuloskeskeisessä tavoitteellisuudessa opiskelumotivaatio on lähtöisin kurssilta saatavista tuloksista, pisteistä tai arvosanoista. Tutkijoiden mukaan tällä motivaationlähteellä on usein negatiiviset vaikutukset opiskelijan oppimiseen, varsinkin jos tuloksia pyritään vertaamaan muiden tuloksiin. Osaamiseen suuntautunut opiskelija pyrkii oppimaan kurssin sisällöt ja ymmärtämään opetettavat asiat. Tällöin arvosanan merkitys vähenee. Tällä motivaation lähteellä on tutkijoiden mukaan positiivinen vaikutus oppimiseen.³²

Motivaatioon vaikuttaa myös opiskelijan luottamus omiin kykyihinsä käsitellä opiskeltavaa asiaa.⁴ Esimerkiksi opiskelija saattaa karttaa kemian opiskelua, koska kokee kemian olevan hänelle vaikeaa. Luottamus kykyihin voi koskea jo olemassa olevia taitoja tai se voi koskea luottamusta oppia tarvittavat asiat kurssilla.⁴ Esimerkiksi opiskelija opiskelee kemiaa, koska kokee pystyvänsä oppimaan vaikeatkin asiat. Zusho, Pintrich ja Coppola kutsuvat tätä omiin kykyihin luottamista opiskelijan itseohjautuvuudeksi. Heidän tutkimuksensa mukaan opiskelijat, joilla on suuri itseohjautuvuus, pääsevät hyviin suorituksiin kurssin aikana.³²

Ehkä eniten motivaatioon vaikuttava seikka on opiskelijan suhtautuminen asiaan. Akselan mukaan opiskelijan motivaatio opiskella kemiaa on korkeampi, jos opiskelija suhtautuu kemiaan positiivisesti.⁴ Zusho, Pintrich ja Coppola huomauttavat positiivisen suhtautumisen olevan kytköksissä myös syväoppimiseen sekä parempiin oppimistuloksiin.³²

Aksela, Zusho, Pintrich ja Coppola huomauttavat, että kaikkiin edellä mainittuihin motivaation vaikuttaviin asioihin on olemassa myös negatiivinen puoli. Jos opiskelija ei koe kemiaa tarpeelliseksi itselleen, on hyvin todennäköistä, että opiskelija ei aio kemiaa opiskella. Samoin jos opiskelija kokee, ettei hän osaa tai tule osaamaan kemian asioita, ei hän aio opiskella kemiaa. Myös jos opiskelijalla on negatiivinen suhtautuminen kemiaan, ei hän tule kemiaa opiskelemaan.^{4,32}

4.8.2. Opiskelijoiden motivaatio kemiaa kohtaan

Opiskelijoiden motivaatio kemiaa kohtaan vaihtelee suuresti, ja aiheesta on tehty useita tutkimuksia. Tähkän tekemässä tutkimuksessa selvitettiin suomalaisten opiskelijoiden asenteen muutoksia kemiaa kohtaan. Tutkimuksen mukaan oppilaiden asenne kemiaa kohtaan on heikentynyt viime tutkimuksista, jotka tehtiin vuosina 1999 sekä 2008. Tämä on huolestuttava suunta, sillä asennoituminen negatiivisesti oppiaineeseen vaikuttaa tulevaisuuden koulutuksen ja ammatinvalintaan yhtäläillä negatiivisesti. Tämä tarkoittaa Tähkän mukaan pitkällä tähtäimellä sitä, että kemian ammattilaisia ei valmistu ammattikorkeakouluista, ammattioppilaitoksista tai yliopistoista yhtä paljon kuin ennen.³¹

Salta ja Tzougrak selvittivät tutkimuksessaan motiiveja, joiden perusteella opiskelijat saapuivat kemian kurssille. Tutkimuksessa kävi ilmi, että opiskelijat saapuvat joko itsenäisistä syistä tai sitten ulkoisista syistä.³³ Näitä termejä voidaan verrata Akselan käyttämiin sisäisiin ja ulkoisiin motivaation lähteisiin.⁴ Saltan ja Tzougrakin tutkimuksessa selvitettiin myös eri motiiveilla kurssille saapuneiden opiskelijoiden menestymistä. Tuloksista ilmeni, että opiskelijat, jotka saapuvat kemian kurssille itsenäisistä syistä pärjäsivät paremmin kurssilla ja olivat kiinnostuneempia opiskelemaan. Heillä oli myös vähemmän stressiä ja vähemmän arvosanoihin keskittynyttä opiskelua vaan enemmän omaan osaamiseen tähtäävää opiskelua.³³

Zushon, Pintrichin ja Coppolaan tekemässä tutkimuksessa selvisi, että yliopisto-opiskelijoiden itsevarmuus kyvystään suoriutua kurssista laski kurssin edetessä. Samoin opiskelijoiden mielipide kemian hyödyllisyydestä laski kurssin aikana. Tutkijoiden mukaan tämä on yleinen suunta aiemmissakin tutkimuksissa. Tämä selittyy osin sillä, että kurssin edetessä opiskelijat saavat palautetta tekemistään tehtävistä ja töistä, jolloin usko omaan osaamiseen voi heikentyä mikäli palaute ei vastaa omaa käsitystä omasta osaamisestaan. Tutkimuksessa selvisi kuitenkin, että itseohjautuvat opiskelijat menestyvät kurssilla hyvin loppuun asti.³²

Tutkimusten mukaan opiskelijoilla näyttäisi olevan hyvin kahtiajakautunut motivoituminen kemiaa kohtaan: joko opiskelija on hyvin kiinnostunut kemiasta tai sitten opiskelijalla on täysin negatiivinen asenne kemiaa kohtaan. Erityisesti olisi tärkeää saada jälkimmäinen ryhmä kiinnostumaan kemiasta enemmän. Tähän Hepburn tarjoaa monenlaisia ratkaisuja. Hepburnin mukaan kemian opetuksessa tärkeimmät avainsanat ovat: kemia, ongelmanratkaisu ja merkityksellisyys. Opettajan tulisi pitää nämä sanat mielessään suunnitellessaan oppituntejaan saadakseen opetukseen mielekkyyttä ja saadakseen opiskelijoita kemian pariin. Hepburnin lisäksi suosittelee opettajia astumaan opiskelijan asemaan ja pohtimaan opetusmateriaalia opiskelijan näkökulmasta. Oleellisimpana kysymyksenä tulisi esittää, mitä aion opettaa opiskelijoille, eli opetettava aihe ja heti perään täytyy pohtia, miten aion opettaa sen? Kaikista tärkeintä on kuitenkin se, että opettaja perustelee itselleen sen, että miksi tätä aihetta opiskellaan. Näin saadaan opetettavasta aiheesta hyödyllinen ja opetus on merkityksellisempää.²³

Opiskelijoiden motivaation lisääminen kemian opiskeluun olisi tärkeää kemian yhteiskunnallisen merkityksen ymmärtämiseksi. Tutkimuksissa on yritetty selvittää, mitkä tekijät saivat opiskelijat innostumaan kemiasta ja erilaisia opetuskokeiluja on järjestetty tutkimuksien perusteella. Esimerkiksi Blackin tutkimuksessa kävi ilmi, että opiskelijat ovat motivoituneempia, kun he saavat työskennellä tuttuun kemikaalien kanssa. Tällaisia olivat esimerkiksi ruokakaupasta tai kotoa löytyvät arkiset kemikaalit. Opiskelijoiden ollessa motivoituneita, lisää se samalla heidän työskentelyintoaan ja tutkimuksellisuutta.⁸ Tällä tavoin työskennellessä kemia saa suoraan arkielämästä tutun kontekstin, eikä kemia tunnu enää vain luokan sisällä tapahtuvana ilmiönä. Opiskelijat kokevat myös ratkaisevansa ”oikeita ongelmia”, kun koulussa käsitellään kemiaa arkielämän kontekstissa.⁴

Salta ja Tzougrak havaitsivat tutkimuksessaan positiivisten kokemusten vaikuttavan kemian kiinnostukseen positiivisesti, mutta ei kovin runsaasti. Päinvastoin negatiiviset kokemukset vaikuttivat kemian kiinnostukseen erittäin voimakkaasti.³³ Tulos on yhtenevä Akselan tutkimuksen kanssa, jossa mainittiin onnistumisien vaikuttavan opiskelijan opiskelumotivaatioon.⁴

Läheisesti arkielämään yhdistämisen kanssa on myös opittavan asian tarpeellisuus ja hyödyllisyys opiskelijan näkökulmasta. Bodnerin mukaan kemian opetuksessa on epäonnistuttu opiskelijoiden motivoimisessa, kun opiskelija kysyy: ”Tuleeko tämä tenttiin?” Bodnerin mukaan tämä on hyvin negatiivisella asennoitumisella ladattu

kysymys, jolla opiskelija kyseenalaistaa koko opetettavan aiheen tarpeellisuuden. Jos opiskelija mieltää aiheen hyödylliseksi ja mielenkiintoiseksi, tätä kysymystä ei koskaan esitetä.²⁰

Monissa tutkimuksissa on havaittu opettajan merkitys opiskelijan opiskelumotivaation kannalta. Yli-Sissalan mukaan opettaja voi omalla työpanoksellaan vaikuttaa tilannekohtaisen kiinnostuksen syntymiseen ja kehittää sitä kohti henkilökohtaista kiinnostusta.²⁹ Zushon, Pintrichin ja Coppolan mielestä tärkeintä olisi saada opettajat välittämään opiskelijoille sellainen kuva kemiasta, että se on täysin opittavissa ja hallittavissa kuin mikä tahansa muu oppiaine. Lisäksi kemian tarpeellisuus ja hyödyllisyys korostuu, kun opetettava asia yhdistetään jokapäiväiseen elämään.³²

Aksela huomauttaa, että aidosti innostuneen opettajan vaikutus opiskelijoihin on suuri. Opiskelijoiden nähdessä pätevän opettajan innostuneena opittavasta aiheesta, tarttuu innostuminen myös opiskelijoihin.⁴ Opiskelijoiden ollessa innostuneita opittavasta aiheesta, opiskelijat myös viihtyvät paremmin kemian kursseilla.³⁰

Tähkän tutkimuksen mukaan suurin osa opettajista (96 %) on sitä mieltä, että positiivinen asennoituminen luonnontieteiden oppimiseen on tärkeä tavoite.³¹ Negatiivisella asennoitumisella kemiaa kohtaan on epäsuoria vaikutuksia aloihin, jotka eivät suoraan liity kemiaan. Esimerkkinä Tähkä mainitsee luokanopettajat, joilla hän toivoisi olevan positiivinen asennoituminen kemiaa kohtaan, ettei opettajan asennoituminen heijastu hänen oppilaisiin.³¹

Myös Hofstein selvitti tutkimuksessaan opiskelijoiden asennetta kemiaa kohtaan. Hofstein keskittyi tutkimuksessaan selvittämään kemian kokeellisuuden vaikutuksia opiskelijoiden asenteisiin. Tuloksien mukaan opiskelijat pitävät laboratoriotöistä ja demonstraatioista, sekä laboratoriotöihin osallistuminen oli opiskelijoiden mielestä mukavaa ja mielenkiintoista. Huomioitavaa kuitenkin oli, että nuoremmat opiskelijat ovat motivoituneempia ja selkeästi innostuneempia kemian ilmiöistä kuin vanhemmat opiskelijat. Syitä tähän tutkimuksessa ei selvitetty.⁹

4.8.3. Demonstraatioiden vaikutus opiskelumotivaatioon

Useissa tutkimuksissa on selvitetty demonstraatioiden vaikutusta opiskelijoiden opiskelumotivaatioon. Pierce ja Pierce toteavat, että demonstraatiot luonnostaan ovat mielenkiintoisia seurata, jonka vuoksi opiskelijat kiinnittävät niihin erityistä huomiota.²⁴ Samoin toteaa myös Roadruck, jonka mukaan demonstraatiot ovat luontaisesti

mielenkiintoisia ja ne herättävät opiskelijan mielenkiinnon.¹⁴ Chamely-Wiik, Haky, Louda ja Romance jatkavat, että demonstraatiot ovat luonnostaan mielenkiintoisia ja siten motivoivat opiskelijoita kemian opiskeluun.³⁴ Hepburnin mukaan demonstraatiot ovat luontaisesti mielenkiintoisia, johtuen kemiallisten reaktioiden ”maagisuudesta”, jolta reaktio näyttää kemiasta tietämättömän silmin.²³

Demonstraatioiden luontainen mielenkiintoisuus on edellä mainittujen tutkijoiden mukaan demonstraatioiden pedagoginen kulmakivi. Demonstraation täytyy kannustaa opiskelijoita selvittämään demonstraation takana olevan ilmiön tai demonstraation esittämän ongelman ja kannustaa opiskelijoita opiskelemaan kemiaa.^{12,14,20,24} Wolfen tekemän tutkimuksen mukaan demonstraatioiden suurin hyöty tulee niiden mahdollisuudesta saada kaikki ihmiset kiinnostumaan kemiasta.¹¹ Samalla demonstraatiot saavat myös ihmiset uteliaiksi kemiaa kohtaan. Tanisin ja Shakhaskirin mukaan uteliaisuus puolestaan lisää opiskelijoiden motivaatiota opiskella kemiaa.¹² Demonstraatiot saavat ihmiset ymmärtämään, että kemia ei ole vain yksi niistä raskaista tieteistä, vaan kemia on osana jokapäiväistä elämää.¹¹

Akselan ja Juvosen tutkimuksessa kävi ilmi, että opettajat näkevät tärkeimmäksi perusteluksi demonstraatioiden tekemiselle motivoinnin ja kemian oppimisen.³⁵ Tämä tulos on nähtävissä myös muista aiheesta tehdyistä tutkimuksista. Piercen ja Piercen mukaan demonstraatioita voidaan käyttää opiskelijoiden motivoimiseen ja inspiroimiseen. Erityisen tehokkaat demonstraatiot ovat aloituskursseilla, jonka osallistujilla ei vielä ole kemiallista taustaa takanaan. Tällöin opiskelijat, jotka eivät ole tehneet tai nähneet kemian kokeellista työskentelyä aiemmin, saavat ensikokemuksen kemian kokeellisesta puolesta. Ne, jotka ovat kokeellista työskentelyä tehneet aiemmin, kohtaavat demonstraation eräänlaisena haasteena, sillä heillä ei vielä ole tarpeellisia tietoja selittää ilmiötä. Tämä toimii ulkoisena motivaationa ja saa opiskelijan kiinnostumaan ilmiön takana olevasta kemiasta.²⁴ Lisäksi Yli-Sissalan mukaan demonstraatiot vaikuttavat opiskelijoiden opiskelumotivaatioon, sillä demonstraatioissa he näkevät luonnonilmiön omilla silmillään ja tämä lisää opiskelumotivaatiota.²⁹

Demonstraatioilla on myös vaikutus opiskelijoiden asenteisiin kemiaa kohtaan. Sullivan esittää tutkimuksessaan, että demonstraatioiden avulla opiskelijat saavat positiivisen mielikuvan tieteistä ja tutkimuksesta, mikä taasen kannustaa heitä opiskelemaan tieteitä.³⁶ Chamely-Wiikin, Hakyn, Loudan ja Romancen sekä Hofsteinin tutkimuksen mukaan demonstraatiot tekevät kemiallisen aiheen oppimisesta mielekäästä.^{9,34}

Meyerin, Paneen, Schmidtin ja Nozawan mukaan kokeellinen työskentely on tärkeää mielenkiinnon lisäämiseksi kemiaa kohtaan. Kouluissa, joissa kokeellista työskentelyä ei tehdä, ainoaksi opetuskeinoksi jää pelkästään oppikirja. Kirja pelkästään ei pysty lisäämään kiinnostusta kemiaan tai tee opiskelijoista uteliaita kemian ilmiöitä kohtaan.¹⁵ Tämä ei olisi hyvä tapa opettaa kemiaa, sillä Harwoodin ja McMahonin mukaan työtapojen monimuotoisuudella on positiivinen vaikutus opiskelijoiden asennoitumiseen kemiaa kohtaan. Monipuolisilla opetusmetodeilla on myös suuri vaikutus opiskelijoiden opiskelumotivaatioon.³⁷ Samaan tulokseen ovat päätyneet myös Thompson ja Soyibo, joiden tekemässä tutkimuksessa selvisi, että asennoituminen kemiaa kohtaan oli parempi ryhmässä, jotka tekivät kokeellisuutta demonstraatioiden ja laboratoriotöiden muodossa.³⁸ Yli-Sissala huomauttaa, että silmin havaittu ilmiö myös muistetaan paremmin kuin kirjasta luettu.²⁹ Tutkijat ehdottivat, että monipuolisilla opetusmetodeilla on positiivinen vaikutus opiskelijoiden asenteisiin.³⁸ Toisaalta Harwood ja McMahon huomauttavat, että itse opetusmetodi ei ole merkityksellinen, vaan kemian oppimisen kannalta tärkeintä on vuorovaikutus opiskelijan ja kemian tiedon kanssa. Mitä näkymättömämpi on näiden välissä oleva teknologia tai opetusmetodi, sitä parempi se on opiskelijan oppimisen kannalta.³⁷

Hunt huomauttaa demonstraatio-opetuksen olevan myös tehokas keino ylläpitää järjestystä luokassa. Jos opetettavasta asiasta tehdään mielenkiintoista ja opettajan opetusvälineet ovat monipuoliset, opiskelijat ovat liian kiinnostuneita häiriköimään oppitunnilla. Tällöin ei ole tarvetta kurin ylläpitämiseen ja aika voidaan käyttää hyödyllisesti opetukseen.¹⁷

5. Hyvän demonstraation ominaisuuksia

Demonstraatio-opetuksessa on tärkeää valita sopiva demonstraatio opetustilanteeseen. Seuraavissa kappaleissa käydään lävitse hyvän demonstraation ominaisuuksia.

5.1. Monivaiheinen demonstraatio

Demonstraatioita valittaessa täytyy Sweederin ja Jefferyn mukaan pitää mielessä demonstraation eri vaiheet. Demonstraatio voi olla monivaiheinen, jolla tarkoitetaan sitä, että demonstraatio pitää sisällään paljon erilaisia kemian sisältöjä, joihin voidaan opetuksessa tarttua kurssin eri vaiheissa. Esimerkiksi yksinkertainen demonstraatio kynttilän polttamisesta sisältää hiilivetyjen kemiaa, ilmeisimpänä hiilivetyjen

palaminen. Lisäksi demonstraatioon voidaan palata, kun käsitellään isoja hiilimolekyylejä sekä vahoja.¹⁹

Opiskelijoiden oppimisen kannalta monivaiheinen demonstraatio on parempi kuin yksinkertainen. Tämä johtuu siitä, että monivaiheista demonstraatiota voi käyttää useaan kertaan saman kurssin aikana, koska demonstraation eri vaiheet soveltuvat kurssin eri aihealueisiin. Esimerkiksi aiemmin mainittu kynttilän polttaminen soveltuu demonstraatioksi hiilivedyistä puhuttaessa, kuin myös vahoista tai palamisen kemiasta puhuttaessa. Samalla tämä tekee demonstraatiosta tutun oppilaille, jolloin siihen on helpompi palata takaisin. Tuttu demonstraatio jättää myös opiskelijan mieleen muistijäljen, josta oppilas voi palata aiemmin opetettuun asiaan helposti.¹⁹

Toisaalta demonstraation eri vaiheiden tulisi tarttua kemian sisältöihin, jotka ovat tarpeeksi erilaisia toisistaan. Muutoin opiskelijoille tulee helposti mielikuva, että opettaja näyttää samaa demonstraatiota uudelleen ja opiskelijan kiinnostus lopahtaa. Demonstraatioiden käyttö kemian tietosisältöjen oppimiseen ja sovellusten esittelyyn tekee kemian opiskelusta mielekästä ja antaa sille merkityksen.¹⁹

5.2. Kognitiivinen konflikti

Chamely-Wiikin, Hakyn, Loudan ja Romancen mukaan hyvän demonstraation yksi tärkeimmistä ominaisuuksista on niiden opettavainen vaikutus kognitiivisen konfliktin avulla. Tutkijat perustelevat tätä käyttämällä tutkimuksessaan tukena Piaget'n kognitioteoriaa. Teorian mukaan demonstraatioiden tarkoituksena on saada opiskelijan ennakkoon rakentamansa käsitys kemian ilmiöstä murrettua tavallisesta poikkeavalla ilmiöllä tai vahvistaa opiskelijan ennakkokäsitystä. Jos opiskelija havaitsee ilmiön, joka poikkeaa hänen ennakkokäsityksestään, opiskelija joutuu kognitiiviseen konfliktiin ja kyseenalaistaa joko aiemmin oppimansa tiedon tai sitten hän kyseenalaistaa juuri näkemänsä ilmiön. Tällaiset tilanteet ovat erittäin tehokkaita löytämään opiskelijoiden virhekäsityksiä erilaisista kemiallisista ilmiöistä ja mahdollisesti korjaamaan niitä.³⁴

Monissa tutkimuksissa kehoitetaan opettajaa valitsemaan sellainen demonstraatio, joka aikaansaa tällaisen kognitiivisen konfliktin.^{15,20,34,39} Tämä konflikti saa katsojan O'Brienin mukaan opiskelijan ajattelemaan ja kyseenalaistamaan joko aiemmin oppimaansa tai sitten juuri näkemäänsä ilmiötä.³⁹ Toisaalta Chamely-Wiikin, Hakyn, Loudan ja Romancen mukaan jos opiskelija saa vahvistuksen demonstraatiolla aiemmin

oppimaansa, opiskelija saa varmistuksen, että hänen aiemmin oppimansa asia on oikein. Tällöin ei puhuta kognitiivisesta konfliktista.³⁴

Edellisessä kappaleessa mainitut ajattelu ja pohtiminen ovat McKeen, Williamsonin ja Ruebushin mukaan tärkeitä taitoja, joita tulisi opiskelijoiden oppia. Bloomin taksonomiassa (kuva 1) ajattelu ja pohtiminen kuvaavat korkeamman tason ajattelutaitoja, jotka sijoittuvat taksonomiassa korkeimmille portaille. Näitä korkeamman tason ajattelutaitoja tarvitaan kemian syvälliseen ymmärtämiseen.⁶

Hyvä demonstraatio saa opiskelijat innostumaan ja kiinnostumaan kemiasta ja kemian ilmiöistä. Näin todettiin Nowickin ja Brisboisin tekemässä opetuskokeilussa, jossa koululaisille esiteltiin demonstraatioita, joiden tarkoituksena oli esitellä erilaisia kemian ilmiöitä ja niiden sovelluksia. Opetuskokeilun tuloksena oli, että demonstraatiot saivat opiskelijat utelemaan opettajilta lisää tietoa taustalla olevasta kemiasta sekä kyselemään ilmiöön liittyviä kemiallisia kysymyksiä. Tällainen uteliaisuus ja tutkimuksellisuus ovat opiskelijan oppimisen kannalta hyvä ja se toimii hyvänä sisäisenä motivaation lähteenä.⁴⁰ Meyerin, Schimdtin, Nozawan ja Paneen mukaan opettajien tulisi ottaa tämä huomioon valitessaan opetukseensa mukaan mielenkiintoa herättäviä demonstraatioita. Tällöin luodaan mielenkiintoa ja motivaatiota aiheen opiskeluun.¹⁵ Bodnerin mukaan mielenkiintoa herättävä demonstraatio sisältää usein jo aiemmin puhutun kognitiivisen konfliktin.²⁰ Konfliktin aiheuttamalla uteliaisuudella ja mielenkiinnolla opiskelijat lähestyvät aihetta kuin oikeat tutkijat: Tuntematonta ilmiötä lähdetään selvittämään suorittaen erilaisia kokeita, asettaen hypoteeseja ja pohtien kokeiden tuloksia.¹⁵ Black lisää tähän tutkimuksessaan opiskelijoiden saavan parhaan kokemuksen kemian tutkimuksesta ja kemistin ammatista, kun he saavat itse harjoitella, suunnitella ja analysoida kokeita ja tutkimuksellisuutta esimerkiksi demonstraatioiden kautta.⁸

Esimerkiksi hyvästä demonstraatiosta on rautavillan polttaminen. Tavallisesti palamisreaktion kiinteät lopputuotteet ovat kevyempiä kuin palava aine, kuten esimerkiksi puun palaessa hiilen oksideiksi. Jos palamistuote olisikin raskaampi kuin palava aine, usein palamistuote on olomuodoltaan kaasu, kuten esimerkiksi vedyn palaessa kaasumaiseksi vedeksi. Tällöin mielikuva palamisesta on se, että palava aine kevenee, johtuen vapautuvista palamistuotteista. Rautavillan palaessa muodostuu raskaampi palamistuote, joka on lisäksi kiinteä. Tällöin raudan palaessa, muodostuu kiinteä palamistuote, jonka massa on suurempi kuin rautavillan massa.

5.3. Demonstraation selkeys

Demonstraatioiksi Sullivan suosittelee selkeästi ymmärrettäviä demonstraatioita. Usein demonstraatio on myös värikäs tai äänekäs, tehden havaintojen tekemisestä helpompaa.³⁶ Lampiselkä lisää, että demonstraatioiden tekemistä ja havaintojen tekemistä helpottaa se, jos demonstraatio voidaan demonstroida hitaasti, perusteellisesti ja tarvittaessa moneen kertaan. Tärkeää on myös se, että kaikilla katsojilla on hyvä näkyvyys demonstraatioon.³ Demonstraatiot tulee kuitenkin valita katsojien kemian tietotaso huomioon ottaen. Näin varmistetaan demonstraatiosta oppiminen.³⁶

Ramette esittelee raportissaan kemiallisia demonstraatioita, jotka ovat erityisesti opiskelijoiden mielestä mielenkiintoisia. Erityisen kiinnostaviksi hän määrittelee reaktiot, jotka tapahtuvat spontaanisti ja sellaiset reaktiot, jotka sisältävät selvästi havaittavan kemiallisen tai fysikaalisen muutoksen, tehden demonstraatiosta selkeän seurata. Tämä muutos voi olla esimerkiksi värin muuttuminen, kiinteän aineen muodostuminen, lämpötilan muutos, tuoksu tai ääni.²²

5.4. Demonstraation tarkoituksenmukaisuus

Tärkeimpänä asiana ennen demonstraation esittämistä on hyvä kuitenkin pohtia demonstraation tarkoitusta. O'Brienin mukaan opettajan tulee miettiä, onko demonstraatio soveltuva havainnollistamaan aiheena olevaa kemian ilmiötä, vai sopisiko siihen jokin muu työtap. Samaan kemian ilmiöön löytyy useita demonstraatioita, joista esittäjän tulisi valita yksi. Tämän lisäksi on tärkeää myös selvittää, mitä ennakkotietoja demonstraation katsojilla tulee olla, että demonstraatiolla olisi oikeasti opettava vaikutus. Jos demonstraatio sisältää monimutkaista tai korkeamman tason kemiaa, O'Brien kehottaa esittäjää keskittymään demonstraatioissa vain oleelliseen ja tarvittaessa yksinkertaistaa monimutkaisia vaiheita, jolloin esittäjä puhuu katsojien tietotasolla.³⁹ Toisaalta Ashkenazin ja Weaverin mukaan tulee pitää huoli siitä, ettei demonstraation liiallisella yksinkertaistuksella ole negatiivisia vaikutuksia opiskelijoiden oppimiseen. Esimerkiksi liiallinen yksinkertaistus voi saada aikaa virhekäsityksiä oppimisen sijaan.⁴¹

Sopivan demonstraation valittuaan opettajan tulisi Chamely-Wiikin, Hakyn, Loudan ja Romancen mukaan suunnitella demonstraation esittäminen perusteellisesti ja harjoitella demonstraation esittämistä. Suunnitteluvaiheessa opettajan tulee pitää mielessä syy, miksi hän aikoo esittää demonstraation. Demonstraatiolla täytyy aina olla jokin

tarkoitus, oli tarkoitus opiskelijoiden motivointi, innostuksen herättäminen tai jonkin kemian ilmiön havainnollistaminen.³⁴

6. Demonstraatioiden esittäminen

6.1. Teoreettiset perusteet

Roadruckin tutkimuksen mukaan demonstraatioita kannattaa käyttää kemian opetuksessa osana monipuolista opetusta. Tuloksiensa tueksi Roadruck käyttää jo aiemmin mainittua Piagetin kognitioteoriaa. Teorian mukaan tieto rakentuu yksilön vuorovaikutuksesta ympäristön ja siitä, kuinka hän ymmärtää ympäristönsä. Piaget kutsui tiedon muodostamia joukkoja rakenteiksi, kuvaamaan tiedon rakentumista. Tämä tarkoittaa sitä, että aiemmin opittu asia toimii pohjana uudelle tiedolle. Usein tätä mallia kutsutaan myös käsitekarttamalliksi, jossa rakenteet liittyvät toisiinsa samalla tavalla muodostaen tietoverkostoja.¹⁴

Lampiselkä tutkimuksessaan kehitti uudenlaisen tavan toteuttaa demonstraatioita sekä vertasi uutta modernia demonstraatio-opetusmallia perinteiseen demonstraatio-opetusmalliin. Lampiselän mukaan perinteisessä opetuksessa opettaja toimii tiedon jakajana. Opiskelijat ovat tiedon passiivisia vastaanottajia.³ Uudessa demonstraatio-opetuksessa opiskelija on keskeisessä asemassa ja opettaja toimii oppimisprosessin tukijana.³

Perinteisessä opetusmallissa ei Lampiselän mukaan käsitellä opiskelijoiden ennakkokäsityksiä aiheesta vaan uusi asia opetetaan ”niin kuin se on”. Uudessa opetusmallissa koko opetuksen lähtökohta on opiskelijoiden ennakkokäsitykset ja niistä kumpuavat kysymykset, havainnot ja oletukset.³

Perinteisessä demonstraatio-opetuksessa havainnot eivät ole vahvasti esillä, sillä opiskelijan kokemukset ja havainnot nähdään irtonaisina osina opittavasta asiasta. Uudessa opetusmallissa oppiminen nähdään kontekstisidonnaisena, jolloin se liittyy aina opiskelijoiden kokemuksiin ja havaintoihin. Tämä on Lampiselän mukaan tärkeää, jotta kemia saa konkreettisen linkin opiskelijan arkielämästä.³

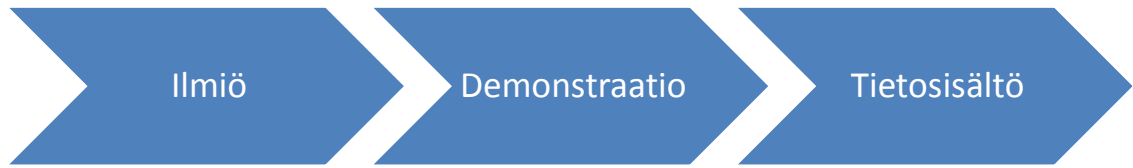
Modernissa mallissa oppiminen käsitetään opiskelijoiden itsenäiseksi ja aktiiviseksi uuden tiedon liittämiseksi omaan tietorakenteeseen, virhekäsitysten poisoppimiseksi ja uusien virhekäsitysten muodostumisen ehkäisemiseksi. Oppiminen ei enää ole vain rakennuspalikoiden rakentamista edellisen päälle, kuten perinteisessä demonstraatio-opetusmallissa, vaan monimutkaisten vuorovaikutusverkostojen muodostamista opittavien asioiden välille.³

Modernissa työtavassa opiskelijat tekevät havainnot ja he yrittävät selittää demonstraatiota. Tämä poikkeaa perinteisestä demonstraatio-opetuksesta merkittävästi, sillä perinteisessä mallissa opettajan ajatellaan näyttävän demonstraation ja selittävän havainnot opiskelijoille, jolloin opiskelijoille ei jää lainkaan ajatustyötä. Toisaalta perinteisessä mallissa opettaja ei välttämättä edes huomioi havaintojen tekemistä, jolloin opiskelijat eivät välttämättä ymmärrä demonstraatiosta tehtyjen havaintojen ja kemian teorian yhteyttä.³ Tärkeää olisi Roadruckin mukaan se, että opiskelijoille ei kerrota etukäteen, mitä asioita heidän tulisi havainnoida demonstraatiosta. Näin opiskelijoiden havainnointikyky, hypoteesien tekokyky sekä analyysitaidot kehittyvät.¹⁴

Jalilin tutkimuksessa selvitettiin, että onko kokeellisen työskentelyn ja teoriaopetuksen järjestyksellä väliä oppimisen kannalta. Tuloksien mukaan olisi hyvä aloittaa ensin kemian ilmiöstä esimerkiksi laboratoriotöillä tai demonstraatiolla ja sen jälkeen siirtyä kohti teoriaa. Tämän tueksi Jalil käyttää pedagogisissa tieteissä tuttua Bloomin taksonomiaa (kuva 1), jossa havainnointi on ensimmäisellä portaalla ja tiedon ymmärtäminen ja omaksuminen vasta seuraavalla portaalla.⁵ Tämä tukee myös Jalilin tutkimuksen tuloksia. Opettaja voi vähentää opiskelijoiden virhekäsityksiä käsittelemällä ensin ilmiötä ja sitten selittävää teoriaa. Tämä johtuu siitä, että teoriaa esitellessä opiskelijalla ei välttämättä ole minkäänlaista muistikuvaa opettajan selittämästä asiasta, eikä tällöin ymmärrä mitään, mitä opettaja selittää.⁷

Tärkeää demonstraatio-opetuksessa on muistaa demonstraation pedagoginen tarkoitus. Kelterin tekemän selvityksen mukaan demonstraatioita ei tulisi esittää ilman pedagogista kontekstia. Liian usein kuitenkin demonstraatioita käytetään vain motivaation lähteenä oppilaille, jolloin kemiallinen tieto ohitetaan. Lisäksi tällä tavalla opetettava henkilö ei välttämättä ymmärrä demonstraation kemiasta tarpeeksi, jolloin hän saattaa opiskelijat ja itsensä tarpeettomaan vaaraan. Demonstraation esittäjä tulisi siis olla aina kokenut kemisti tai kemian alan ammattilainen, eikä demonstraatiosta innostunut henkilö. Näin varmistetaan demonstraation pedagoginen tarkoitus sekä esittäjän ja katsojien turvallisuus.⁴²

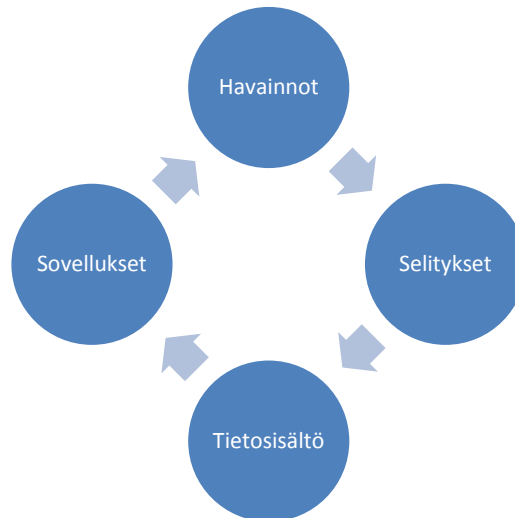
Beallin mukaan kemian opetuksessa tulisi opettajan seurata ajatuspolkua, joka on esitetty kuvassa 2.⁴³



Kuva 2 – Beallin kuvaama ajatuspolku, jonka mukaisesti tulisi kemian opetus edetä. Ajatuspolussa aloitettaisiin vasemmalta ilmiöstä ja siirryttäisiin demonstraation kautta teoriaan.⁴³

Ajatuspolun mukaan opetuksen tulisi alkaa oikean elämän ilmiön tarkastelulla, josta edetään tätä kuvaavaan demonstraatioon. Esimerkiksi ilmiönä voisi olla ruostuminen ja tätä kuvaavana demonstraationa voisi olla rautanaulan ruostuminen suolaliuoksessa. Vasta demonstraation jälkeen opetuksessa siirryttäisiin kohti kemian tietosisältöä. Tällaista järjestystä oppia kutsutaan induktiiviseksi oppimiseksi, jolloin havainnoista siirryttäisiin kohti teoriaa. Beall huomauttaa, että usein opetus suunnitellaan tehtäväksi täysin päinvastaisessa järjestyksessä. Tällöin oppimista kutsutaan deduktiiviseksi, eli teoriasta siirrytään kohti yksittäisiä havaintoja. Ongelmaksi Beall näkee tässä sen, että opiskelijan mielenkiintoa ei saada alussa kohdistettua kemiaan, vaan se helposti tukahdutetaan teorialla, josta opiskelijalla ei välttämättä ole minkäänlaista mielikuvaa. Tämän jälkeen, kun demonstraatio näytetään, unohtuu äsken opetettu teoria ja opiskelija alkaa ihmetellä demonstraatiossa tapahtuvaa ilmiötä.⁴³

Pierce ja Pierce kannustavat opettajia käyttämään demonstraatio-opetuksessaan oppimissykliä, joka on havainnollistettu kuvassa 3.²⁴



Kuva 3 – Piercen ja Piercen ehdottama oppimissykli, jossa tarkoituksena on aloittaa havainnoista ja edetä syklin mukaisesti selityksien kautta teoriaan ja sovelluksiin. Koska kyseessä on sykli, Piercen ja Piercen mukaan sovelluksien jälkeen voidaan palata takaisin havaintoihin samasta ilmiöstä, tai edetä seuraavaan asiaan havaintojen kautta.²⁴

Opetussykli alkaa opiskelijan tekemistä havainnosta demonstraation aikana. Näihin havaintoihin opiskelijan on tarkoitus tarjota seuraavassa vaiheessa selityksiä havainnoilleen. Tarkoitus tässä vaiheessa ei ole vielä tarjota täydellistä kemiallista selitystä, vaan tarkoituksena on kannustaa opiskelijoita pohtimaan ilmiötä ja mahdollisia selityksiä. Tämän jälkeen tarjotaan opiskelijoille se kemian tieto, joka selittää aiemmin tehdyt havainnot. Viimeisenä ja Piercen ja Piercen mukaan tärkeimpänä osana syklissä ovat sovellukset, jolloin opiskelija käyttää tieteellisen ajattelun korkeimpia asteita (soveltaminen, luominen, analysointi) yhdistääkseen juuri oppimaansa ja käytäntöä toisiinsa.²⁴

Toisenlaisen oppimisyklin loivat tutkimuksessaan Chamely-Wiik, Haky, Louda ja Romance. He kutsuvat tätä mallia SQER³ -malliksi. Lyhenne tulee englannin sanoista: ”Survey, Question, Experiment, Recite, Reflect, Review”. Tutkijoiden mukaan tätä mallia käyttämällä opettaja voi suunnitella demonstraatioita etukäteen oppimistilanteita varten ja käyttämällä sitä opetuksessa opettaja saa opiskelijat oppivat demonstraatioista paremmin. Oppimisyklin vaiheet tutkijat ovat selittäneet seuraavasti:³⁴

- Survey, Tarkastelu
 - Tässä vaiheessa esitellään demonstraation tai laboratoriokokeen välineet ja alustetaan työ. Alustuksen voi suorittaa haluamallaan tavalla. Demonstraation voi alustaa esimerkiksi kertomalla tarina tai esittää ongelma opiskelijoille. Tarkoituksena on tuoda huomio siihen, mitä ollaan tekemässä.

- Question, Kysely
 - Nimensä mukaisesti tässä vaiheessa opiskelijoiden tarkoituksena on esittää kysymyksiä ja hypoteeseja tulevasta kokeesta tai demonstraatiosta. Opiskelijat pohtivat, mitä on tapahtumassa tai mitä tulee tapahtumaan, käyttäen apuna ennalta opittuja tietoja ja demonstraation esittäjän antamia tietoja.
- Experiment, Kokeilu
 - Seuraavaksi demonstraatio tai koe suoritetaan. Opiskelijat yrittävät etsiä edellä tehtyihin hypoteeseihin ja kysymyksiin vastauksia. Havainnot kirjataan ylös ja niiden merkitystä pohditaan. Mikäli demonstraatio tai laboratoriokoe sen sallii, opiskelijat voivat esittää muokkauksia koejärjestelyihin. Opettaja, harkintansa mukaan, toteuttaa kokeiluja uusien havaintojen saamiseksi.
- Recite, Koonti
 - Demonstraation jälkeen havainnot ja tulokset kootaan yhteen. Opettaja kertoo tässä vaiheessa esittelyvaiheessa esitetyn ongelman tai muun alustuksen. Tämän tarkoituksena on muistuttaa opiskelijoita alkuperäisestä teemasta sekä kohdentaa tuloksia ja havaintoja teeman mukaisesti.
- Reflect, Reflektointi
 - Tämä vaihe on opiskelijan oppimisen kannalta kaikista oleellisin. Tehtyjen havaintojen ja tuloksien oikeellisuutta ja merkitystä pohditaan. Ovatko tulokset oikeita ja mitä niistä voidaan päätellä? Ovatko tulokset tai havainnot oleellisia alkuperäisen ongelman kannalta? Heräsikö opiskelijoille lisää kysymyksiä? Tarvitsevatko opiskelijat lisätietoa jostain osa-alueesta? Tässä vaiheessa demonstraatio tai laboratoriokoe voidaan suorittaa uudelleen, tai uusia kokeita voidaan kehittää ongelmien ratkaisemiseksi. Suurin osa oppimisesta tulisi tapahtua tässä vaiheessa.
- Review, Yhteenveto
 - Oppimissyklin viimeinen vaihe on aiemmin opitun yleistäminen demonstraatiosta kemian ilmiöön. Aiemmin saaduilla tuloksilla ja kemian tiedoilla luodaan vastaus alkuperäiseen ongelmaan, perustellen se kemian teorialla. Tässä vaiheessa opettaja voi kysellä soveltavia kysymyksiä, jolloin hän voi testata opiskelijoiden ymmärryksen kemian sisällöstä. Opiskelijat huomaavat, että demonstraation tai laboratoriotyön

yksittäinen reaktio onkin osa yleisempää kemiallista ilmiötä, jonka jälkeen on mahdollista soveltaa tätä tietoa kaikissa vastaavissa tilanteissa. Esimerkiksi vetykloridihapon ja natriumhydroksidin välisessä reaktiossa ei näyttäisi tapahtuvan mitään, mutta haihduttaessa neste pois, astiaan jää kiinteä aine. Aine tunnustetaan natriumkloridiksi, ruokasuolaksi. Vetykloridihapon ja natriumhydroksidin välisessä reaktiossa muodostuu suolaa ja vettä, joten voidaan yleistää näin tapahtuvan kaikissa happo-emäs neutralointireaktiossa.

Verrattuna Piercen ja Piercen kuvaamaan oppimissykliin, Chamely-Wiikin, Hakyn, Loudan ja Romancen oppimissykli on useampivaiheinen ja yksityiskohtaisesti avattu. Piercen ja Piercen oppimissyklin vaiheet sisältyvät Chamely-Wiikin, Hakyn, Loudan ja Romancen oppimisykliin, mutta vaiheet on nimetty eri otsikoilla. Esimerkiksi Piercen ja Piercen oppimisyklin ”sovellukset” – vaihe on Chamely-Wiikin, Hakyn, Loudan ja Romancen oppimissyklissä viimeisessä ”yhteenveto” – vaiheessa. Koska oppimissykli on yksityiskohtaisesti avattu, opettajan on helppo toteuttaa oma opetus mallin mukaisesti.³⁴

Koska oppiminen tapahtuu Lampiselän mukaan sykleissä, opetus voidaan aloittaa mistä tahansa vaiheesta. Esimerkiksi ennakkokäsitysten sijaan opiskelija saattaa esittää väittämän, hypoteesin, johon etsitään demonstraatiolla vastausta. Lisäksi oppimissyklin rakenteen ansiosta oppimistilannetta voidaan tarvittaessa ja resurssien salliessa toistaa, jolloin jos opiskelijalle jää jokin asia epäselväksi, hän voi ymmärtää asian seuraavalla kerralla.³

6.2. Demonstraation suunnitteluun liittyvät vinkit

Lampiselän mukaan demonstraation suunnitteluun tulee käyttää paljon aikaa ja vaivaa, sillä se on demonstraatio-opetuksen tärkeä osa-alue. Demonstraatiota suunnitellessaan opettajan on tärkeää pitää mielessä erinäisiä seikkoja, jotta demonstraatio-opetuksella saadaan aikaan oppimista.¹³

Lampiselän mukaan opettajan on hyvä aloittaa suunnittelunsa pohtimalla, mitä hän aikoo opettaa demonstraation avulla. Onko kyseessä mallioppimisen kautta laitteiston kokoamista, onko tarkoituksena selventää jotain kemian ilmiötä tai yhdistää kemian ilmiö opiskelijan arkielämään?¹³ Beall jatkaa tätä ajatusta ja jakaa demonstraation oppimistavoitteet kahteen osa-alueeseen. Opettajan tulisi pohtia sitä, mitä hän haluaa,

että opiskelijat oppivat tai ymmärtävät demonstraatiosta. Toisaalta Beallin mukaan tulee pitää mielessä se, että mikä on demonstraation minimioppimistavoite, eli mitä demonstraatiosta tulee ehdottomasti oppia.⁴³

Demonstraatioon aiheen valinnan jälkeen Lampiselkä kehottaa opettajia pitämään mielessä sen, että demonstraatio on tarkoitettu opiskelijoita varten. Tämä tarkoittaa sitä, että demonstraation tarkoituksena on saada opiskelijat oppimaan demonstraation avulla jotain, esimerkiksi ilmiön kautta kemialla.¹³ Demonstraatio mielletään Lampiselän mukaan helposti opettajakeskeiseksi työtavaksi, sillä usein opettaja esittää demonstraation tietäen jo lopputuloksen ja ohjaten opiskelijoiden ajatuksia kohti tätä lopputulosta. Tärkeää kuitenkin on se, että opettaja tiedostaa opetuksen tavoitteet, opiskelijan tarpeet ja oman työnsä tarkoituksen demonstraatiotilanteessa. Tarkoituksena on yhdistää opiskelijan oppimista koskeva pedagoginen tieto sekä kemian ilmiön tietosisältö.³ Lampiselkä varoittaa, ettei demonstraation tarkoituksena ole toimia varmistuksena opettajalle, että ilmiö toimii niin kuin pitää.¹³

Beall, Roadruck sekä Chamely-Wiik, Haky, Louda ja Romance huomauttavat, että opettajan tulee myös huomioida demonstraation yleisön, opiskelijoiden, tietotaso. Demonstraatiolla on helppoa ”yliampua” tarvittava kemian tieto, jolloin vähän kemialla ymmärtävälle opiskelijalle demonstraatio ja sen taustalla oleva kemia menee täysin ohitse. Tärkeää onkin Roadruckin mukaan se, että esittäjä osaa kiinnittää yleisön huomion heidän kannaltaan oleellisiin seikkoihin ja osittain yksinkertaistaa monimutkaisia seikkoja demonstraatiossa.^{14,34,43}

Beallin mukaan demonstraatio tulee sopia kurssin sisältöön. Jos opiskelija näkee demonstraation irtonaisena kokonaisuutena kurssista, demonstraation merkitys voi vähentyä. Valitsemalla demonstraation kurssin sisällön ja aihepiirien mukaisesti opettaja voi varmistaa demonstraation pedagoginen merkittävyys.⁴³

Lampiselän mukaan monimutkaiset demonstraatiot tulisi jakaa osiin, jolloin jokainen osa voi toimia yksinkertaisena demonstraationa.¹³ Tätä tukee myös aiemmin mainitussa Sweederin ja Jefferyn tutkimus, jossa kehoitettiin opettajia valitsemaan mieluiten sellainen demonstraatio, joka on monivaiheinen. Monivaiheisessa demonstraatiossa voidaan käsitellä yksittäistä ilmiötä kuin kokonaisuuden osana, yksittäisenä demonstraationa.¹⁹ Chamely-Wiikin, Haky, Loudan ja Romancen mukaan on tärkeää kuitenkin se, että demonstraation tulee liittyä opetettavaan asiaan, tai esittäjä keskittyä

vain demonstraation siihen osaan, joka koskee käsiteltävää aihetta. Muutoin opiskelijoilta katoaa demonstraation tarkoitus ja oppiminen jää vähäiseksi.³⁴

Akselan ja Karjalaisen mukaan on tärkeää, että kokeelliset työt ja demonstraatiot tulisi suunnitella ja testata etukäteen ennen opetusta. Näin opetustilanteessa kokeellinen työskentely saa luonnollisen jatkumon, eikä opettajan tarvitse keskittyä säätämään demonstraatiota kesken opetuksen. Samaa mieltä on Lampiselkä, joka kehottaa opettajia testaamaan ja harjoittelemaan demonstraatioitaan ahkerasti.¹³ Aksela ja Karjalainen lisäävät, että etukäteen harjoittelemalla varmistetaan se, että esitettävä demonstraatio tai kokeellinen työ tukee kemian oppimista.⁴⁴ Tanis ja Shakhaskiri huomauttaa harjoittelun olevan demonstraatio-opetuksessa tärkeää, sillä demonstraation onnistumisen tärkein seikka on demonstraation esittäjän ymmärrys demonstraatiosta. Mitä paremmin esittäjä osaa demonstraation, sitä paremmin hän saa opiskelijan ymmärtämään demonstraation takana olevan kemian.¹² Harjoittelemalla demonstraatioita vältetään myös Reedin mukaan tarpeettomilta vaaratilanteilta, kun demonstraation esittäjä tietää mitä on tekemässä.²⁶

Toisaalta O'Brien muistuttaa, että demonstraation mennessä pieleen, siitä voidaan myös katsojien kanssa pohtia ja perustella. Väkisin ei kannata yrittää saada epäonnistunutta demonstraatiota saada onnistumaan, vaan siihen kannattaa palata toisella kerralla. Vahinkoja kuitenkin voi sattua ja niitä varten asiallinen suojavaarustus täytyy olla kaikilla demonstraatioon osallistuvilla ja katsojien, joilla ei suojavaarustusta ole, täytyy olla sopivalla etäisyydellä demonstraatiosta.³⁹

Opettajan tulisi myös valmistautua etukäteen oppimistilanteessa esitettäviin kysymyksiin. Tämä koskee Lampiselän mukaan sekä opettajan esittämiä kysymyksiä opiskelijoille, että opiskelijoiden esittämiä kysymyksiä opettajalle tai muille opiskelijoille. Varautuessaan etukäteen mahdollisiin kysymyksiin varmistetaan oppimistilanteen sujuvuus ja opiskelijoiden oppiminen.¹³ Lampiselkä huomauttaa, että demonstraatio-opetuksessa tutkimusongelmat tai kysymykset ovat usein opettajan keksimiä ja esittämiä. Mutta ne voisivat hyvin olla myös opiskelijoiden aiemmin tekemiä hypoteeseja.³

Lopuksi Lampiselän mukaan kannattaa suunnitella, miten opettaja aikoo arvioida tai testata opiskelijoiden oppimista demonstraation jälkeen. Tehdäänkö demonstraatiosta muistiinpanot ja opiskelijat tuottavat raportin tai muun tuotoksen, vai onko

demonstraation jälkeen testi tai koe, jolla mitataan demonstraation kemian sisällön osaamista?

6.3. Demonstraation esittämiseen liittyvät vinkit

Alue, missä demonstraatio esitetään, tulee Lampiselän mukaan olla valmiina jo ennen oppimistilanteen alkamista.¹³ Reedin mukaan demonstraatiota esittäessä tulisi demonstraatioalueen olla tyhjä, lukuun ottamatta demonstraatiossa tarvittavia välineitä ja kemikaaleja. Syy tähän on se, että opiskelijoilla ei ole häiriötekijöitä, joihin keskittyä demonstraation aikana.²⁶ Samoin toteaa O'Brien ja lisää vielä, että ylimääräisten välineiden poistaminen poistaa samalla mahdolliset näköesteet. Esteetön näkyvyys varmistaa opiskelijan täyden huomion ja oppimisen.³⁹

Esittäjän esiintymistaito on myös tärkeää oppimisen kannalta. Mitä paremmin esittäjä osaa ja ymmärtää demonstraation takana olevan kemian, sitä paremman kuvan katsoja saa demonstraatiosta ja kemiasta. Myös esittäjän tapa esittää demonstraatio vaikuttaa katsojan kiinnostukseen ja sitä kautta motivaatioon.³⁹ Myös Ramette mainitsee tutkimuksessaan, että demonstraation esittäjän esiintymistaidolla on erittäin positiivinen vaikutus demonstraation katsojien oppimiseen.²² Tästä syystä opettajan tulee pitää huolta omasta esittämisestään, jotta demonstraatio olisi selkeä opiskelijoille. Lampiselkä korostaa esittäjän puheen selkeyttä sekä äänen sopivaa voimakkuutta. Näin opiskelijalta ei mene ohitse mitä opettaja sanoo, eikä tarpeetonta toistamista tarvitse tehdä.¹³ Lisäksi Rametten mukaan esiintymistaitolla saadaan opiskelijoiden huomio ja mielenkiinto suunnattua demonstraatiossa oikeaan kohteeseen, eli kemian ilmiöön.²² Blackin mukaan demonstraatiota esittäessä opettajalla on tärkeä rooli kohdistaa demonstraatiota seuraavan henkilön huomio oikeisiin kohtiin oikeisiin aikoihin. Tämä tarkoittaa sitä, että sen lisäksi että pyydetään opiskelijoita havainnoimaan, tulee opastaa myös havainnoimaan oikealla aistilla.⁸ O'Brien huomauttaa lopuksi, että esiintymistaitoa voi kehittää vain esittämällä ahkerasti demonstraatioita.³⁹

6.3.1. Erilaisia tapoja esittää demonstraatioita

Demonstraatio voidaan esittää opettajademonstraationa, joka on varmaankin yleisin tapa esittää demonstraatioita. Tässä esittämistavassa opettaja esittää kokeellisen työn opiskelijoiden seurattessa demonstraatiota. Vastaavanlainen tilanne on kyseessä, jos demonstraation tekee joku muu kuin luokan opettaja, esimerkiksi vieraileva esiintyjä. Tällaista demonstraatiota Lampiselkä kutsuu vierailijademonstraatioksi. Lampiselän

mukaan tällaiset demonstraatiot ovat opiskelijoiden mieleen, sillä vieraileva henkilö tuo vaihtelua tavalliseen opetukseen.¹³

Opettajademonstraatiosta puhutaan myös silloin, kun demonstraation yleisönä on monen opiskelijan sijaan vain ryhmä tai jopa yksi opiskelija. Lampiselkä kutsuu tällaista demonstraatiota opiskelijakohtaiseksi demonstraatioksi. Tällaisen demonstraation tarkoituksena on eliminoida kaikki mahdolliset häiriötekijät pois, jolloin opiskelijalla on täysi keskittyminen demonstraatioon. Toisaalta tätä esittämistapaa voidaan käyttää myös opiskelijan kemian osaamisen mittaamiseen, esimerkiksi kokeen yhteydessä.¹³

Erilainen tapa toteuttaa opettajademonstraatioita on tehdä hiljainen demonstraatio. Nimensä mukaisesti demonstraation esittäjä ei paljoa puhu tai selitä tapahtumia. Tällöin opiskelijoiden täytyy keskittyä erityisen paljon opettajan tekemisiin ja omiin havaintoihinsa. Demonstraation täytyy tällöin olla hyvin selkeä ja tarkoitus yksinkertainen, jolloin opiskelijoilta ei mene vahingossa havaintoja ohitse.¹³ Lisäksi O'Brien huomauttaa, että demonstraation esittäjän tulee olla toimissaan ja eleissään tällöin hyvin selkeä ja varma, jolloin varmistetaan halutun viestin välittäminen katsojille.³⁹ Demonstraatio-opetuksen tulee olla oppimistapana myös tuttu opiskelijoille, sillä tämä opetusmuoto vaatii opiskelijoilta enemmän kuin tavallinen demonstraatio-opetus, mutta samalla haastaa opiskelijoita enemmän.^{13,39}

O'Brien huomauttaa, että opettajan tulisi antaa demonstraation opettaa opiskelijoille kemiaa. Tähän hiljainen demonstraatio soveltuu erinomaisesti. Usein opettajalle tulee tarve selittää demonstraatiotaan jo ennen demonstraation tekemistä, jolloin opettaja huomaamattaan kertoo opiskelijoille, mitä tulee tarkkailla ja mitä tuloksia saadaan. Opettajan kertoessa vain tarvittavat tiedot demonstraatiosta opiskelijat saadaan ajattelemaan jokaista demonstraation vaihetta ja samalla kehitetään heidän havainnointikykyä.³⁹

Demonstraatioita voidaan esittää myös opettajan johdolla, mutta käyttäen opiskelijoita avustajina. Lampiselkä kutsuu tällaista tapaa toteuttaa demonstraatio opettaja-oppilas demonstraatioksi. Etuna tällaiseen demonstraation esittämistapaan on se, että opiskelijoita saadaan osallistumaan opetukseen, jolloin he ovat aktiivisempia oppitunnilla ja siten oppivat paremmin. Lisäksi opiskelija-avustajat lisäävät muiden luokassa olevien mielenkiintoa demonstraatiota kohtaan, kun opiskelijatoveri on toteuttamassa työtä.¹³

Opiskelijoita voidaan ottaa mukaan demonstraatio-opetukseen vielä enemmän, kun demonstraatio suoritetaan opiskelijaryhmädemostraationa. Tällaisessa demonstraatioissa opiskelijat ryhmässä toteuttavat demonstraation opettajan ollessa mukana vain tukena ja ohjaajana. Lampiselkä vertaa tätä työskentelytapaa laboratoriotyöskentelyyn, mutta opiskelijaryhmädemostraation etuna laboratoriotyöskentelyyn on se, että opiskelijoiden tulee perehtyä demonstraation takana olevaan kemiaan tarkemmin, koska he esittävät sen muille opiskelutovereilleen.¹³ Tämä toimii Hatcher-Skeersin ja Aragonin mukaan eräänlaisena ulkoisena motivaation lähteenä, kun opiskelija on vastuussa muiden opiskelijoiden osaamisesta. Toisaalta opiskelija ei välttämättä halua esittää demonstraatiota ymmärtämättä sen kemian sisältöä muiden edessä.⁴⁵

Hatcher-Skeers ja Aragon mainitsevat lisäksi, että kun opiskelija valmistelee ja harjoittelee demonstraatiota, hän oppii laboratoriotyöskentelytaitoja.⁴⁵ Tämä on DeRosen mukaan tärkeä huomio, sillä hänen mukaansa demonstraatiot eivät perinteisesti esitettyinä opeta lainkaan laboratoriotyöskentelytaitoja.⁴⁶ Eichler vie ajatusta vielä pidemmälle ja kehottaa opettajia harkitsemaan joidenkin demonstraatioiden tekemistä opiskelijaryhmädemostraatioina tai jopa muuntaa demonstraatio laboratoriotyöksi laboratoriotaiteiden kehittämiseksi. Tämä on mahdollista esimerkiksi silloin, kun opetettava ryhmä on pieni. Tällöin saadaan demonstraation tuoman motivaation ja tutkimuksellisuuden lisäksi laboratoriotyöskentelyn hyödyt mukaan opetukseen.⁴⁷

Itse demonstraatio voi olla myös esitettävissä eri tavoin. Demonstraation esittäjä voi valita sellaisen demonstraation, jonka voi toistaa uudelleen helposti, jopa loputtomasti. Etuna tällaisilla demonstraatioilla on se, että jos katsojan huomio oli oleellisella hetkellä kiinnittynyt muualle, hänkin saa tilaisuuden nähdä demonstraation uudelleen. Toistettava demonstraatio kannattaa O'Brienin mukaan valita siten, että demonstraatio on lyhyt esittää. Tällöin toistamiseen ei kulu liian paljon aikaa.³⁹

Ashkenazi ja Weaver esittivät tutkimuksessaan erilaisia tapoja tehdä demonstraatioita riippuen niiden tavoitteesta. Todentamisdemonstraatioissa demonstraation tarkoitus on todeta aiemmin opitun asian pitävän paikkaansa. Tämä tukee opiskelijan ennakkokäsityksiä varmentamalla ne oikeiksi, jolloin opiskelija huomaa ymmärtäneensä asian oikein. Vastaavasti konfrontaatiodestraatioissa tarkoituksena on esittää aiemmasta opitun asian poikkeavuus. Tämä aiheuttaa jo aiemmin mainitun kognitiivisen konfliktin, joka saa opiskelijat ajattelemaan ja kyseenalaistamaan aiemmin oppimaansa

tai juuri havaitsemaansa ilmiötä. Ashkenazin ja Weaverin mukaan konfrontaatiodemonstraatio ei kuitenkaan ole paras tapa opettaa haluttua ilmiötä, sillä opiskelijat keskittyvät vain poikkeavaan ilmiöön, joka pahimmillaan voi sekoittaa opiskelijoita. Konfrontaatiodemonstraatiota voidaan käyttää hyödyksi silloin, kun halutaan kyseenalaistaa jokin virhekäsitys tai virheellinen ennakkokäsitys. Tämä vaatii opettajalta tietoa opiskelijoidensa tiedoista ja taidoista, jotta demonstraatio saavuttaisi tietorakenteita muokkaavan tavoitteensa.⁴¹

Lampiselkä on tutkimuksessaan jakanut demonstraatio-opetuskerran erilaisiin osa-alueisiin. Demonstraatio-opetus tulisi aloittaa hänen mukaansa orientaatiovaiheella, jossa selvitetään opiskelijoiden ennakkotietoja sekä ennakkokäsityksiä.^{3,13} Bodner suosittelee esittelemään demonstraation, kuten esimerkiksi tarvittavat välineet sekä kemikaalit.²⁰ Wood ja Breyfogle suosittelevat opettajia tutustuttamaan opiskelijat kemian aiheeseen kysymällä ennustuksia siitä, mitä demonstraatioissa voisi tapahtua. Opettajan kannattaa kerää vastauksista virhekäsityksiä taululle sekä oikeita vastauksia myöhempää keskustelua varten.²⁵ Lisäksi demonstraation tarkoitus olisi Lampiselän mukaan olla esillä jossain, kuten esimerkiksi taululla kirjoitettuna tai piirrettynä. Näin opiskelijoiden mielessä pysyisi demonstraation tarkoitus koko demonstraation ajan.¹³

Seuraavaksi demonstraatio esitetään ja opiskelijat tekevät havaintoja kokeesta. Näin tehtyjen havaintojen pohjalta käydään keskustelua, jonka tarkoituksena on vahvistaa tai kumota edellä tehdyt hypoteesit.³ Demonstraatio voidaan esittää induktiivisesti, jolloin opettajan kysymyksillä on suuri rooli demonstraatio-opetuksessa. Kysymyksiä esittämällä opettaja rohkaisee opiskelijoita analysoimaan havaintojansa ja tekemään hypoteeseja. Opettajan ei kuitenkaan tule tarjota vastauksia esittämiinsä kysymyksiinsä, sillä muuten opiskelijat eivät pääse ajattelemaan asiaa itse.¹³ Tämä lisää oppimistilanteen tutkimuksellisuutta, sillä demonstraatioissa tarkasteltava ilmiö on sellainen, joka herättää kysymyksiä, joihin ei ole olemassa ilmiselvää tai yksiselitteistä vastausta. Lampiselän mukaan opiskelijat pitävät tämänyyppisistä demonstraatioista juuri siksi, että ne sisältävät paljon toimintaa ja erilaisia oppimisen mahdollisuuksia.³ Lisäksi Lampiselän mukaan opiskelijoita voidaan motivoida tehokkaasti, kun kysymykset esitetään arvoituksina. Lampiselän mukaan arvoitukset ovat itsessään hyvin motivoivia, jolloin arvoituksena esitetty induktiivinen demonstraatio motivoi opiskelijoita selvittämään, mistä kemian ilmiö johtuu.¹³

Tästä voidaan edetä päätelmiin, jossa tietoja sovelletaan ja havainnoista tehdään yleistyksiä.³ Bodner huomauttaa, että ilmiön takana oleva kemia tulee selittää

opiskelijoille. Selitys on hänen mukaansa tärkein osa demonstraatiota, sillä tällöin opiskelija pääsee ajattelemaan havaitsemaansa ilmiötä.²⁰ O'Brienin mukaan demonstraatioiden tarkoituksena on kuitenkin oppia näkemään havaintojen avulla kemian ilmiöt. Tämä tarkoittaa sitä, että opiskelijan havainnoissa demonstraatiosta esimerkiksi värinmuutoksen hapon lisäyksen jälkeen, hän osaa yhdistää värinmuutoksen johtuvan hapon lisäyksestä ja edelleen liittää sen pH-indikaattorin toimintaan. Havainnon yhdistäminen ilmiöön on tärkeää, sillä vaikka opiskelija teoriassa tietäisi haponlisäyksen muuttavan liuoksen väriä, mutta ei itse havainnoi ilmiötä, opiskelija ei välttämättä osaa yhdistää syy-seuraus suhdetta värinmuutoksessa.³⁹

Lopuksi Lampiselkä kehottaa arvioimaan tehtyä demonstraatiota ja pohtimaan työn merkitystä. Lisäksi kannattaa pohtia sitä, mitä demonstraatiosta on opittu, olisiko jotain pitänyt tehdä toisin ja miten varmoja voidaan olla demonstraatiosta saatujen tulosten oikeellisuudesta.³ O'Brien muistuttaa, että tärkein vaihe demonstraatiolla opetettaessa on loppukeskustelu demonstraatiosta ja sen sisältämästä kemiasta. Tällöin opettaja saa varmistuksen opiskelijoiden osaamisesta sekä samalla löytää mahdolliset virhekäsitykset, joita opiskelijoilla on voinut syntyä demonstraation aikana.³⁹

6.4. Opiskelijan aktiivisuus demonstraation aikana

Hatcher-Skeersin ja Aragonin tekemän tutkimuksen mukaan opetettaessa demonstraatioilla, opiskelijoiden aktiivinen osallistuminen oppimistilanteeseen on ensisijaisen tärkeää.⁴⁵ Mutta opiskelijat eivät voi olla Piercen ja Piercen mukaan vain passiivisia katsojia, vaan heidät täytyy saada ajattelemaan ja selittämään ilmiötä kemian avulla.²⁴ Pelkkä passiivinen demonstraation seuraaminen ei kannusta oppimaan lainkaan, eikä se myöskään saa opiskelijoita ajattelemaan.⁴⁵

Bowenin ja Phelpsien tekemän tutkimuksen mukaan opiskelijoiden tulisi tehdä muistiinpanoja demonstraation esittämisen yhteydessä. Pelkästään demonstraation seuraaminen katsomalla ei auta opiskelijaa oppimaan demonstraatioissa tapahtuvaa kemiaa. Lisäksi opiskelijan on vaikea palata takaisin demonstraatioon ja sen kemiaan, jos hänellä ei ole minkäänlaista fyysistä muistiinpanoa demonstraatiosta. Samaa mieltä on myös Reed, jonka mukaan opiskelijat ymmärtävät demonstraation paremmin, kun he tekevät muistiinpanoja demonstraatiosta esimerkiksi vihkoon. Näin havainnot demonstraatiosta ja tieto ilmiön takana olevasta kemiasta eivät unohdu.²⁶ Esittämishetkellä muistiinpanot auttavat myös opiskelijaa keskittymään demonstraation tapahtumiin, ei siihen ”mitä pitäisi tapahtua”. Tällöin demonstraation mennessä pieleen,

opettaja voi opiskelijoiden kanssa pohtia syitä epäonnistumiselle.⁴⁸ Toisaalta Reed huomauttaa, että on tärkeää varmistaa, että muistiinpanoja tehdessä opiskelijan huomio ei ole vain kirjoittamisessa, sillä tällöin demonstraatiosta havaittavat asiat saattavat mennä helposti ohitse.²⁶

Bowen ja Phelps ehdottavat, että opettaja esittää demonstraation yhteydessä kysymyksiä tai kommentteja, joilla saadaan yhdistettyä kemian tietosisältö demonstraatioissa tapahtuvaan ilmiöön. Tämä auttaa opiskelijaa keskittymään demonstraation oleelliseen osaan ja samalla hän saa konkreettisen esimerkin kemian teoriasta.⁴⁸ Samaa mieltä on myös Sullivan ja täsmentää kysymysten olevan oleellisia demonstraatio-opetuksessa, sillä silloin opettaja saa aktivoitua opiskelijan demonstraatiotilanteessa, jolloin helposti passivoituva opiskelija alkaa ajatella kemiaa.³⁶

Bowen ja Phelps lisäävät, että opiskelijat oppivat kemiaa paremmin, kun he toimivat yhteistoiminnallisesti demonstraatioiden aikana. He toteuttivat tutkimuksen, jossa opettaja esitti demonstraation ja opiskelijoiden havainnointikykyä ja kemian tietosisältöä testattiin demonstraation aikana ja sen jälkeen. Opiskelijat saivat työskennellä yksin, pareittain tai pienissä ryhmissä ja yhdistää havaintonsa sekä osaamisensa paperille, joka palautettiin lopuksi opettajalle. Paperien keräämisen jälkeen opettaja kävi demonstraation läpi uudelleen, kertoen samalla kemian ilmiön takana. Tällainen tapa työskennellä lisäsi tutkimuksen mukaan opiskelijoiden ymmärrystä kemian tietosisällöstä ja paransi opiskelijoiden ryhmätyöskentelykykyä.⁴⁸ Hepburn lisää, että tekemällä töitä yhdessä opiskelijoilla on mahdollisuus vaikuttaa omaan oppimiseensa osallistumalla aktiivisemmin oppimistilanteeseen.²³

Samankaltaisen tutkimuksen toteuttivat myös Pierce ja Pierce. Heidän tutkimuksessaan käytetty demonstraatioarviointi kannustaa opiskelijoiden ajattelua ja perustelutaitoa, mikä on opetuksessa hyvä tavoitella. Demonstraatioarviointi – opetustekniikassa opiskelijoille esitetään demonstraatio, josta he tekevät muistiinpanot havainnoistaan. Havaintojensa perusteella opiskelijat selittävät ilmiön ja antavat kirjallisen vastauksensa. Vastaukset arvioidaan ja ilmiöstä keskustellaan opiskelijoiden kanssa. Opiskelijoille tulisi myös antaa tilaisuus soveltaa juuri hankkimaansa tietoa, esimerkiksi toisen vastaavanlaisen demonstraation kanssa tai teollisuudesta.²⁴

Demonstraatio voidaan myös toteuttaa siten, että opiskelijat tekevät demonstraation. Eichlerin tekemässä tutkimuksessa toteutettiin perinteinen demonstraatio tutkimuksellisenä laboratoriotyönä. Työ toteutettiin ohjattuna tutkimuksellisuutena,

jolloin opettaja antoi opiskelijoille työohjeet seurattavaksi, mutta opiskelijat saivat muuttaa koejärjestelyä halutessaan. Tällä tavalla opiskelijat saivat omakohtaista kokemusta laboratoriotyöskentelystä ja tutkimuksen toteuttamisesta. Tällainen tapa työskennellä toimii opiskelijoiden erinomaisena aktivoijana.⁴⁷

Huntin tutkimuksen mukaan demonstraatioilla opetettaessa opiskelija oppii parhaiten, kun opettaja käy opiskelijoiden kanssa keskustelua demonstraation sisältämästä kemiasta jo ennen demonstraatiota, sen aikana ja vielä demonstraation jälkeen.¹⁷

6.5. Videoitujen demonstraatioiden käyttö kemian opetuksessa

Fortmanin ja Battinon mukaan videolle tallennetuissa demonstraatioissa on monia hyviä puolia. Jo tutkimuksen alussa mainittu edullisuus kouluille on tietenkin yksi hyvä puoli, kun videon hankinta on koululle edullisempaa kuin demonstraatioihin tarvittavat välineet. Demonstraatio voidaan suorittaa loputtomia kertoja uudelleen, jolloin opiskelijoilta ei jää demonstraation ilmiö havaitsematta. Lisäksi kamera pääsee turvallisesti todella lähelle demonstraatiota, jolloin voidaan seurata reaktiota todella läheltä. Tämä tekee demonstraatioiden seuraamisesta mielenkiintoista, kun lähietäisyydeltä voidaan havainnoida asioita, jotka voisivat mennä ohitse tavallisesti seurattuna. Lisäksi kameran vieminen lähelle reaktiota on huomattavasti turvallisempaa kuin reaktion seuraaminen lähietäisyydeltä. Tämä mahdollistaa myös vaarallisempien demonstraatioiden käsittelyn koulussa.¹⁸

Harwoodin ja McMahonin selvittäessä videomedian vaikutusta opiskelijoiden saavutuksiin kurssilla tutkijat havaitsivat erityisesti opiskelijoiden, jotka osasivat ajatella korkeamman tason ajattelukykyjen mukaisesti, pärjäävän entistä paremmin opinnoissaan. Tähän tutkijat esittivät selitykseksi sen, että ns. ”fiksut opiskelijat” saavat enemmän irti videomediasta opetuksessa, jolloin heidän tuloksensa vain paranevat. Kaikki opiskelijat eivät saaneet videomediasta irti tarvittavaa informaatiota ja osa opiskelijoista piti videoita vain viihteenä oppitunnilla. Videoiden katsominen oppitunnilla paransi kuitenkin kokonaisuudessaan kaikkien opiskelijoiden tuloksia. Opiskelijat keskustelivat kemiasta käyttäen videoissa havaitsemiaan asioita väitteidensä tukena. Tämä tukee tutkijoiden havaintoa, että videot saivat kaikki opiskelijat ajattelemaan korkeamman tason ajattelukyvyillä, mutta kaikki eivät kuitenkaan yhtä paljon.³⁷

Toisaalta Fortman ja Battino huomauttivat videoituissa demonstraatioissa olevan myös ongelmia. Videolle tallentunut virhe on mahdotonta poistaa ja tekee videon käytön opetuksessa hankalaa. Tällöin on opettajan vastuulla huomata virhe ja huomauttaa opiskelijoille joka esityskerralla virheestä. Videoitu demonstraatio antaa myös epärealistisen kuvan kemiasta ja luonnontieteistä yleensä, koska videolla kokeet onnistuvat aina. Lisäksi jos videolle on valittu hyvin värikkäitä ja vaikuttavia demonstraatioita, antaa sekin vääränlaisen kuvan kemiasta.¹⁸

Viimeisenä huonona puolena videoituissa demonstraatioissa Fortman ja Battino mainitsevat demonstraation esittämisen yksipuolisuuden. Tällä tarkoitetaan sitä, että jos

demonstraatio esitettäisiin liveinä luokalle, aiheuttaisi se välittömästi jonkinlaisen reaktion luokassa. Videolla ei ole tutkijoiden mukaan vastaavanlaista vaikutusta. Syy tähän voisi tutkijoiden mukaan olla se, että videota katsoessa opiskelijat eivät havaitse demonstraatiota edessään omilla aisteillaan, vaan seuraavat nauhoitteena. Lisäksi nykypäivänä on mahdollista tuottaa muokattuja videoita, jolloin opiskelijat helposti ajattelevat demonstraation olevan vain editoitu video.¹⁸

Harwood ja McMahan selvittivät, vaikuttaako videomedian käyttö kemian opetuksessa opiskelijoiden kemian osaamiseen ja asenteisiin kemiaa kohtaan. Aiempien tutkimuksien mukaan videomedialla on ollut suuri merkitys asenteisiin kemiaa kohtaan. Tutkijat kuitenkin havaitsivat tässä tutkimuksessaan, että asenteet kemiaa kohtaan eivät muuttuneet juurikaan. Syyksi tutkijat ehdottivat, että muissa tutkimuksissa tehdyt opetuskokeilut videomedian avulla olivat lyhyitä opetusjaksoja, jolloin videomedialla on uutuusviehätys vaikutus. Tämä nostaa opiskelumotivaatiota ja parantaa asenteita mitä tahansa aihetta kohtaan, mutta vaikutus on usein lyhytaikainen. Tutkijat tekivät tässä tutkimuksessaan pitkän opetusjakson, jolloin opetusmetodin uutuudenviehätys katosi ajan kuluessa.³⁷

Fortman ja Battino muistuttavat kuitenkin, että demonstraatioilla opetettaessa tärkeintä on demonstraation jälkeinen keskusteluvaihe, jolloin todellinen oppiminen tapahtuu. Tällöin ei ole merkitystä sillä, tehdäänkö demonstraatio liveinä vai katsotaanko se videolta. Nykyisin videoiden katsominen on mahdollista esimerkiksi Youtuben kautta, jolloin ei tarvitse huolehtia erillisistä CD-levyistä tai videotiedostoista. Youtubesta videota katsoessa täytyy pitää mielessä lähdekritiikki, sillä kuka tahansa voi ladata videoita palveluun. Mikäli videon on esittänyt ammattilaiset, kuten Fortmanin ja Battinin raportissa, videota voidaan käyttää opetuksessa.¹⁸

Kokeellinen osa

7. Tutkimuksen tarkoitus

Tässä tutkimuksessa selvitettiin vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Lisäävätkö tutkimukselliset demonstraatiot opiskelijan motivaatiota kemian opiskeluun?
2. Onko demonstraatioilla opiskelijoiden mielestä oppimista lisäävä vaikutus?
3. Lisäävätkö tutkimukselliset demonstraatiot opiskelijan kemian osaamista lyhyellä aikavälillä?

Tutkimuksessa sovelletun demonstraatio-opetuksen pohjana olivat Lampiselän tutkimus³, jossa selvitettiin uusia keinoja esittää demonstraatioita ja Piercen ja Piercen tekemä tutkimus²⁴, jossa selvitettiin tutkimuksellisten demonstraatioiden vaikutusta oppimiseen. Tarkoituksena oli hyödyntää Lampiselän kehittämää modernia demonstraatio-opetusmetodia opetuskokeiluissa ja Piercen ja Piercen tutkimuksen tiedonkerukeinoa vastausten saamiseksi.

8. Tutkimusmenetelmät

Tutkimus suoritettiin eräissä keskisuomalaisessa lukiossa kemian ensimmäisellä kurssilla ”Elinympäristön kemiaa”. Kaksi rinnakkaisluokkaa valittiin tutkimukseen, joista toinen valittiin vertailuryhmäksi.

Tutkimusta varten suunniteltiin kolme tutkimuksellisiin demonstraatioihin perustuvaa opetuskertaa, jotka toteutettiin testiryhmälle kurssin aikana kerran viikossa. Opetuskerrat ajoitettiin siten, että tunti aloitettiin demonstraatio-opetuksella, jonka jälkeen luokan opettaja jatkoi lopputunnin. Jokaisella opetuskerralla opiskelijat täyttivät demonstraatiolomakkeen, joka sisälsi kuusi kysymystä esitettävästä demonstraatiosta. Demonstraatiolomake on esitelty liitteenä 1. Lomakkeen avulla saatiin tietoa opiskelijoiden kemian osaamisesta kurssin aikana, sekä opiskelijoiden kemian osaamisen kehittymisestä kurssin edetessä.

Tutkimuksellisten demonstraatioiden vaikutusta opiskelijoiden motivaatioon selvitettiin kemian kurssin lopussa kyselytutkimuksen avulla. Kyselylomake on esitelty liitteenä 2. Kyselytutkimuksella selvitettiin myös opiskelijan omaa näkemystä demonstraatioiden vaikutuksesta omaan oppimiseen.

Lyhyen aikavälin oppimistuloksia selvitettiin kurssikokeessa mukana olleella kokeellisella tehtävällä. Tämän koetehtävän tarkoituksena oli selvittää demonstraatio-opetuskokeilujen vaikutusta kemian oppimiseen verrattuna vertailuryhmään. Koetehtävä on esitelty liitteenä 3.

8.1. Demonstraatiolomake

Demonstraatiolomaketta suunnitellessa hyödynnettiin Piercen ja Piercen tekemää tutkimusta jossa selvitettiin tutkimuksellisten demonstraatioiden vaikutusta oppimiseen²⁴. Pierce ja Pierce käyttivät tietojen keräämiseen demonstraatio-opetuksen yhteydessä lomaketta, jota opiskelijat täyttivät demonstraatiota seuratessa. Tällä tavoin hankittiin tietoa opiskelijoiden kemian osaamisesta demonstraatioiden aikana, ja pystyttiin seuraamaan oppimisen muutosta demonstraatioiden välillä.

Opetuskerran alussa opettaja esitteli, mitä aikoo demonstraatioissa tehdä. Tavoitteena oli, että opiskelijat ensin keskustelevat ja keräävät yksin, pareittain tai ryhmissä tietoa demonstraation välineistä, kemikaaleista ja tekevät hypoteesin siitä, mitä demonstraatioissa voisi tapahtua. Hypoteesien teon jälkeen demonstraatio suoritetaan ja opiskelijat tekevät muistiinpanoja havainnoistaan lomakkeeseen. Tämän jälkeen

opiskelijat selvittävät syitä havaitsemilleen ilmiöille. Vastaamisen jälkeen lomakkeet kerätään ja demonstraation ilmiön taustalla oleva kemia opetetaan opiskelijoille.

Demonstraatio-opetuskerroilla saadut opiskelijoiden vastaukset tarkastettiin kahdesta näkökulmasta. Ensimmäinen näkökulma oli opiskelijoiden tekemät kirjalliset havainnot demonstraatioista. Tarkasteluun otettiin mukaan tehtävän 1 vastaukset ja piirustukset käytettävistä välineistä ja kemikaaleista sekä tehtävän 2 vastaukset kemikaalia koskevista ennakkotiedoista. Mukana oli myös tehtävän 4 vastaukset, jotka koskivat itse demonstraatiosta tehtyjä havaintoja. Nämä vastaukset nimettiin otsikolla ”Havainnointi” ja arvosteltiin hierarkkisesti asteikolla 1-4, jossa 1 on huonoin arvosana ja 4 paras. Arvosteluperusteet ovat esiteltyinä taulukossa 1.

Toinen näkökulma opiskelijoiden vastauksille oli opiskelijoiden kemialliset perustelut demonstraatiolle. Tarkasteluun otettiin mukaan demonstraatiolomakkeen tehtävien 3 ja 6 vastaukset, joiden tarkoituksena oli mitata opiskelijoiden kemian osaamista. Nämä vastaukset nimettiin otsikolla ”Selitykset” ja arvosteltiin taulukon 1 mukaisesti hierarkkisesti asteikolla 1-4, kuten havainnointiin liittyvät vastaukset.

Edellä kuvailtuun tapaan käsitellä erikseen kahta eri arvostelukohdetta päädyttiin siksi, että aineistoa käsitellessä havaittiin usein tilanne, jossa yksittäisen opiskelijan kemian vastausten taso ei ole lainkaan samalla tasolla kuin havainnoinnin taso. Tämän vuoksi opiskelijan vastausten arvosteleminen yhdellä arvosanalla koettiin mahdottomaksi. Kahden arvosteluperusteen ansiosta yksittäiseltä opiskelijalta saatu data on luotettavampaa.

Taulukko 1 – Tutkimuksessa käytetyt arvosteluperusteet, joiden mukaan opiskelijoiden vastaukset jaettiin tasoihin.

	Havainnot	Selitykset
Taso 4	Laboratoriovälineet ja kemikaalit ovat selkeästi esiteltyinä ja demonstraatiosta tehdyt havainnot ovat oikeat ja tarkasti selitetty.	Vastauksen kemia on oikein ja perusteltua.
Taso 3	Tarpeelliset laboratoriovälineet ja kemikaalit löytyvät vastauksesta. Demonstraatiosta tehdyt havainnot ovat oleelliset, mutta asioita voi puuttua tai vastaus sisältää virheitä.	Vastaus sisältää on pieniä asiavirheitä tai perusteluissa pieniä puutteita.
Taso 2	Vastauksessa on kuvailtu välineistöä niukasti. Demonstraatiosta on havaittu korkeintaan muutama asia.	Vastaus käsittelee kemiaa vain pinnallisesti ja perustelut ovat vajavaiset tai puuttuvat kokonaan.
Taso 1	Laboratoriovälineet ja kemikaalit esitelty erittäin niukasti tai ei ollenkaan. Demonstraatiosta osattu kertoa vain pinnallisesti tai ei lainkaan.	Vastauksessa ei kemiaa, tai vastaus on vain toistettu kysymys. Perusteluita ei ole.

8.2. Koetehtävä

Kurssin lopuksi opiskelijat vastasivat kurssikokeen yhteydessä demonstraatiokoetehtävään. Koetehtävä rakennettiin demonstraatiolomakkeen perusteella ja sen tarkoituksena oli mitata havainnointikykyä sekä kemian osaamista. Koetehtäväksi valittiin liitteessä 3 esitelty sanallinen kokeellinen tehtävä rautavillan palamisesta, jossa kuvilla ja sanoilla esitellään demonstraation välineet, tapahtuva reaktio sekä demonstraation tulokset. Rautavillan palaminen valittiin koetehtävän demonstraatioksi, sillä rautavillan palamisessa nähdään selkeä muutos ennen ja jälkeen reaktiota. Tällöin opiskelijan on helppo kuvasta havaita reaktiossa tapahtuva muutos. Lisäksi tarkoituksena oli käyttää demonstraatiota, joka sisältäisi kognitiivisen konfliktin opiskelijan ennakkokäsitysten kanssa. Tässä demonstraatioissa konflikti syntyy, kun rautavillan palaessa kiinteän palamistuotteen massa kasvaa eikä vähene, kuten palamisessa helposti olettaisi tapahtuvan.

Opiskelijoiden tehtävänä oli havainnoida demonstraatioissa tapahtuneet muutokset ja perustella kemialla syyt havainnoille. Koetehtävä koostui kahdesta tehtävästä A ja B. A – tehtävässä testattiin opiskelijoiden havainnointikykyä ja B – tehtävässä testattiin kemian osaamista.

Kurssikokeen kokeellisesta tehtävästä saadut vastaukset arvoiteltiin pisteyttämällä tehtävän A – kohta kahdella pisteellä ja B – kohta kahdella pisteellä. A – kohdassa kahden pisteen vastaus tuli pitää sisällään rautavillan massan muutoksen 10 grammasta 13 grammaan sekä rautavillan värinmuutoksen. B – kohdassa kahden pisteen vastauksen tuli pitää sisällään raudan reaktio hapen kanssa, jossa muodostuu rautaoksidia, joko sanallisesti tai reaktioyhtälönä. Lisäksi tuli ilmaista rautaoksidin massan olevan suurempi kuin raudan, johtuen mukana olevasta hapesta. Värinmuutokseen riitti perusteluksi tapahtunut kemiallinen reaktio, tai värin liittäminen rautaoksidin ominaisuuksiin.

Tehtävän A – kohta mittasi opiskelijoiden havainnointia ja B – kohta mittasi opiskelijoiden kemian osaamista. Tällöin vastaukset pystyttiin arvioimaan samalla hierarkkisella asteikolla (1-4) kuin demonstraatiolomakkeen vastaukset taulukon 1 mukaisesti. Tehtävästä saadut pisteet muunnettiin suoraan asteikolle siten, että jos opiskelija oli saanut 0,5 pistettä tehtävästä, vastaus on asteikolla tasolla 1. Tasolle 2 luokiteltiin 1 pisteen vastaukset, tasolle 3 1,5 pistettä saaneet ja täydet 2 pistettä saaneet

tasolle 4. Tämä luokittelu tehtiin erikseen sekä tehtävälle A (havainnointi) että tehtävälle B (selitykset).

8.3. Kyselylomake

Kurssikokeen yhteydessä molemmille ryhmille jaettiin liitteen 2 mukainen kyselylomake, joka sisälsi monivalintakysymyksiä sekä avoimia kysymyksiä. Lomake sisälsi kysymyksiä opiskelijan omista ajatuksista siitä, miten hän oppii parhaiten kemiaa, sekä kysymyksiä opiskelumotivaatiosta ja demonstraatioista.

Lomakkeen avoimilla kysymyksillä saatiin laadullisesti hyviä vastauksia opiskelijan omista ajatuksista koskien omaa oppimistaan tai opiskelumotivaatiota. Avoimien kysymysten tarkoituksena oli toimia monivalintakysymysten täydentäjinä.

Avointen kysymysten vastaukset käsiteltiin kirjoittamalla vastaukset taulukko-ohjelmaan listaksi, jonka jälkeen vastauksen perään liitettiin avainsanoja perustuen opiskelijan vastaukseen. Näiden avainsanojen frekvenssi vastauksissa laskettiin. Avainsanat luokiteltiin suurempien kokonaisuuksien alle. Frekvenssien avulla saatiin selville, kuinka monta kertaa vastauksissa oli mainittu jokin laajempi kokonaisuus. Alla olevassa kuvassa on esimerkki vastauksen käsittelystä.

Taulukko 2 - Kyselylomakkeen avointen kysymysten käsittelyprosessi. Ylimmässä kuvassa on opiskelijan vastaus sarakkeessa 1. Yhteen vastaukseen on liitetty avainsanoja, joita esiintyy opiskelijan vastauksessa. Keskimmaisessa kuvassa aiemmin tehdyt avainsanat lasketaan, jolloin saadaan tietyn avainsanan esiintymisfrekvenssi kaikissa vastauksissa. Alimmassa kuvassa yhdistettiin avainsanoja suurempien kokonaisuuksien alle, jolloin saadaan laskettua kokonaisuuteen liittyvien vastauksien frekvenssi. Esimerkiksi yhdistämällä avainsanat ”lukeminen”, ”tehtävät”, ”muistiinpanot”, ”läksyt” sekä ”opettamalla” muodostettiin kokonaisuus ”Opiskelijan itsenäinen työskentely”, jonka frekvenssi laskettiin avainsanojen frekvenssien summana.

Miten sinä opit parhaiten kemiaa? Kerro lyhyesti.	Avainsana 1	Avainsana 2	Avainsana 3			
Esimerkkien (käytännön ja kirjallisten) avulla sekä itse lukemalla	Esimerkit	Demonstraatiot	Lukeminen			
Tunneilla yhteisiä muistiinpanoja tehdessä, opettajan esimerkeistä ja kokeita tekemällä	Muistiinpanot	Esimerkit	Laboratoriotyöt			
Kuuntelemalla selostuksia ja esimerkkejä, katsomalla kun toiset tekevät ja tekemällä itse kokeita	Luento	Laboratoriotyöt	Visuaalisuus			
Avainsana	Frekvenssi					
Laboratoriotyöt	11					
Luento	11					
Lukeminen	8					
Muistiinpanot	8					
Opiskelijan itsenäisellä työskentelyllä	Lukeminen	Tehtävät	Muistiinpanot	Läksyt	Opettamalla	Ryhmän frekvenssi
	8	3	8	2	1	22

Monivalintakysymyksillä saatiin tietoa tiettyjen asioiden vaikutuksesta opiskelijoiden opiskelumotivaation sekä omaan oppimiseen. Kyselylomakkeen monivalintakysymysten vastaukset käsiteltiin tilastollisin menetelmin käyttäen apuna taulukkolaskentaohjelmaa ja vastauksista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat sekä virherajat.

9. Tutkimuksen toteutus

Demonstraatio-opetuskertoja varten kartoitettiin kirjallisuudesta, Internetistä sekä oppikirjoista demonstraatioita, jotka liittyivät KE1 kemiaa elinympäristössä – kurssin aihealueeseen. Kurssilla painotus on kemian perusteissa, kuten ainemäärän käsitteessä, liuoksen pitoisuudessa, erotusmenetelmissä sekä orgaanisen kemian perusteissa. Näiden aihealueiden pohjalta valittiin monia eri demonstraatioita ja niitä testattiin ja niiden soveltuvuutta pohdittiin kurssille. Lopulta valittiin kolme demonstraatiota jokainen kurssin eri aihealueelta: ”Violetti kaasu” erotusmenetelmistä, ”Kuumajää” liuoksista sekä ”Hiilipatsas” orgaanisen kemian aihealueelta.

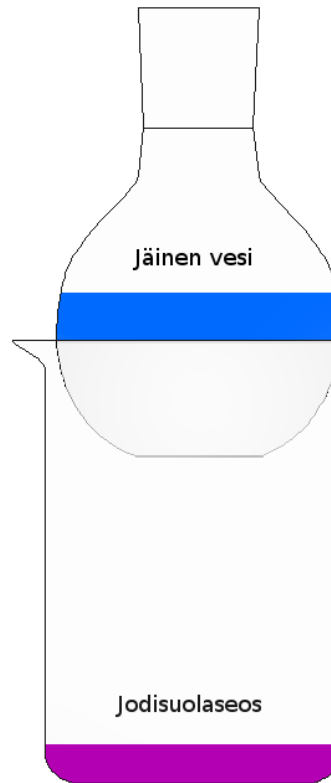
9.1. Violetti kaasu

Ensimmäiseksi demonstraatioksi valittiin jodin sublimaatio suolaseoksesta. Tavoitteena oli esitellä opiskelijoille erilainen erotusmenetelmä kuin aiemmista opinnoista varmasti tutut suodatus tai haihdutus. Sublimaatioissa myös erotetaan toisistaan kaksi kiinteää ainetta perustuen aineiden fysikaalisiin ominaisuuksiin, tehden demonstraatiosta vielä mielenkiintoisemman. Demonstraatio opettaa opiskelijoille, että aineita voidaan erottaa toisistaan myös ilman liuotinta.

Sublimaatiomonstraatio valittiin esitettäväksi, sillä muihin erotusmenetelmiin verrattuna erotus on hyvin visuaalinen ja selkeästi havaittavissa, toisin kuin esimerkiksi tislaukseen verrattessa. Sublimaatio toisaalta ei kovin yleinen erotusmenetelmä, jonka vuoksi sen demonstroiminen opiskelijoille on kannattavaa, että he oppivat muitakin erotusmenetelmiä kuin suodatuksen ja tislaamisen.

Dekantterilasissa sekoitettiin pieni määrä jodia ja ruokasuolaa. Dekantterilasin päälle asetettiin pyörökolvi, jossa oli sisällä jääkylmää vettä ja lunta. Pyörökolvin tarkoitus oli olla kylmä pinta, johon kaasumainen jodi pystyy härmistymään. Kolvi oli tarpeeksi iso peittääkseen dekantterilasin suuaukon, mutta jätti dekantterilasin kaatonokan avoimeksi, jolloin systeemi ei olisi suljettu. Kuvassa 5 on esitelty käytetty laitteisto.

Laitteisto nostettiin keittolevylle ja suola-jodiseosta lämmitettiin. Kaasumainen jodi sublimoituu ja härmistyy kylmän kolvin pohjaan, ruokasuolan pysyessä dekanterilasin pohjalla.



Kuva 4 - Jodin sublimaatiolaitteisto demonstraatioissa violetti kaasu.

9.2. Kuumajää

Toiseksi demonstraatioksi valittiin kylläisen natriumasetaattiliuoksen kiteytyminen, eli natriumasetaattipatsas. Tavoitteena oli demonstroida ylikylläisen liuoksen kemiaa ja kylläisyyden periaatetta. Kurssin yksi osa-alueista on liukoisuus ja liuoksen pitoisuus, jota usein käsitellään matemaattisesti laskemalla. Demonstraatio tarjoaa oivan esimerkin aiheesta, sillä monesti kylläinen liuos mainitaan ensimmäisellä kurssilla vain käsitteenä, sillä liukoisuus tulee tarkemmin esille myöhemmillä kursseilla. Demonstraatioissa opitaan liukoisuudesta sekä liukoisuuteen vaikuttavista tekijöistä.

Noin 40 g kiinteää natriumasetaattia liuotettiin mahdollisimman pieneen määrään puhdasta vettä ja seosta kuumennettiin. Seoksen annettiin jäähtyä huoneenlämpöön. Seoksen tulisi näyttää nestemäiseltä ja kirkkaalta, kuin tavalliselta vedeltä. Seos kiteytyy, kun sitä kaadetaan natriumasetaatti kiteen päälle esimerkiksi petrimaljaan, tai kun seosastiaan tiputetaan pieni natriumasetaattikide. Demonstraatiota tehdessä

huomattiin, että seos kiteytyy välittömästi jäähtyttyään huoneenlämpöön. Tämä saattoi johtua kuluneesta reaktioastiasta, jolloin pienetkin säröt lasissa aiheuttavat välittömän kiteytymisen. Samoin mahdolliset epäpuhtaudet tarjoavat kiteytymiselle aloituspisteen. Demonstraatio toteutettiin opetuskerralla siten, että vielä hieman kuuma seos kaadettiin petrimaljaan, jossa se kiteytyi hitaasti pitkiksi neulamaisiksi kiteiksi. Reaktio heijastettiin luokan seinälle projektorilla.

9.3. Hiilipatsas

Viimeiselle opetuskerralle valittiin väkevän rikkihapon ja sokerin reaktio. Demonstraation tavoitteena oli toimia johdantona tunnin uuteen asiaan, hiilen kemiaan kurssin orgaanisen osa-alueen alussa. Demonstraatio valittiin siksi, että demonstraatio osoittaa hiilen yleisyyden jokapäiväisessä elämässä. Lisäksi demonstraation tarkoituksena oli toimia opiskelijoita motivoivana demonstraationa näyttävyytensä ja reaktion nopeuden vuoksi.

Demonstraatio toteutettiin siten, että vetokaapin sisällä dekanterilasiin kaadettiin tilavuusmittana noin 200 ml tomusokeria, johon sekoitettiin noin 50 ml väkevää rikkihappoa lasisauvalla sekoittaen. Opiskelijat olivat kerääntyneet vetokaapin ympärille seuraamaan demonstraatiota. Reaktioastiasta nopeasti nousee musta hiilipatsas voimakkaasti eksotermisessä reaktiossa muodostuvien kaasujen vuoksi.

9.4. Kurssikoetehtävä

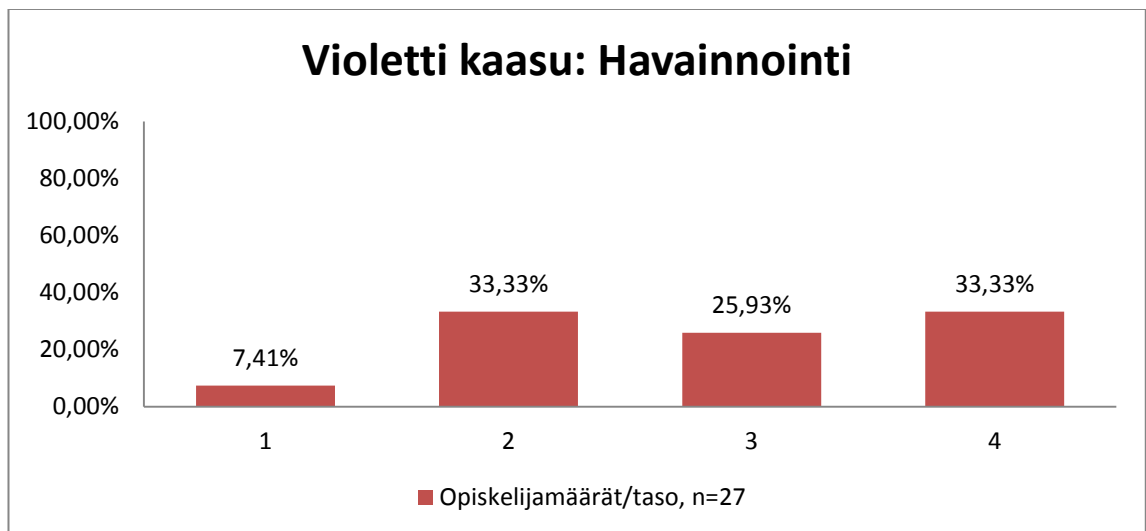
Liitteen 3 mukainen kurssikoetehtävä liitettiin luokan kurssikokeen yhteyteen lisätehtäväksi. Opiskelijoille kerrottiin, että lisätehtävästä on mahdollista saada lisäpisteitä kokeeseen, mutta tehtävä ei ole mukana kokonaispisteissä. Tämä tehtiin siksi, että ylimääräinen koetehtävä ei aiheuttaisi negatiivisia tunteita, mutta lisäpisteet kannustaisivat opiskelijoita tekemään tehtävän tosissaan. Opiskelijoita myös kehoitettiin tekemään ensin muu koe valmiiksi ja sitten keskittymään lisätehtävään.

Liitteen 2 mukainen kyselylomake jaettiin kurssikokeen yhteydessä opiskelijoille. Opiskelijoita ohjattiin tekemään ensin kurssikoe ja lisätehtävä, jonka jälkeen opiskelija voi siirtyä tekemään kyselylomaketta.

10. Tutkimuksen tulokset

10.1. Demonstraatiolomakkeesta saadut tulokset

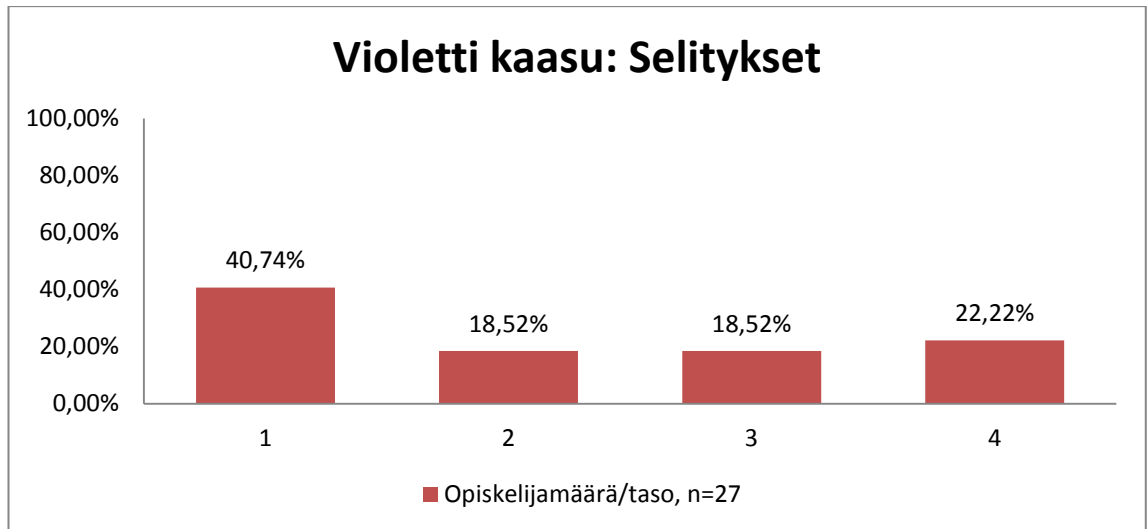
Ensimmäisessä demonstraatiossa opiskelijoiden tasoihin luokiteltujen vastausten perusteella havainnoinnin taso oli hajautunut melko tasaisesti kaikille tasoille. Opiskelijoiden vastausten jakautuminen tasoille on esitelty kaaviossa 1. Tämä on täysin oletettavaa, kun demonstraatiot tulevat uutena opetuskeinona kurssilla vastaan, jolloin opiskelijat helposti kiinnittävät huomionsa erilaisiin asioihin demonstraatiossa, ohjauksesta riippumatta.



Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
2,85	0,99	0,19

Kaavio 1 - Violetti kaasu -demonstraatiion opiskelijoiden havainnoinnin tasot

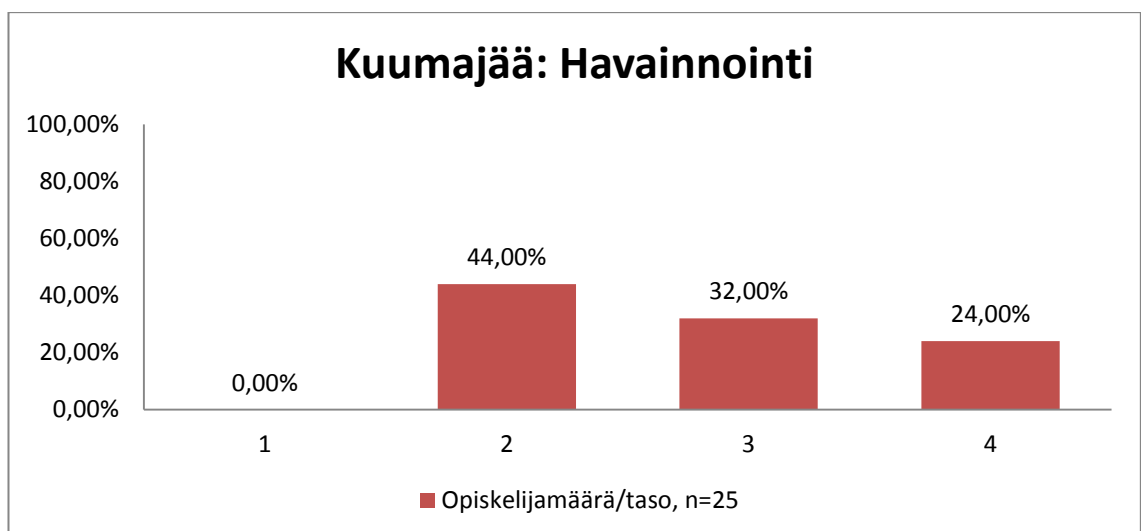
Verratessa opiskelijoiden vastauksia kemian sisällön osaamisen osalta havaitaan kaaviosta 2, että ensimmäisessä demonstraatiossa vastauksien taso luokiteltiin suurimmalla osalla tasolle 1, mutta loput jakautuvat tasaisesti tasoille 2-4. Tähänkin voidaan olettaa vaikuttavan uuden opetusmetodin käyttöönotto, sillä opiskelijat eivät välttämättä osaa vastata oikein, jos havainnot demonstraatiosta ovat puutteelliset.



Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
2,22	1,22	0,23

Kaavio 2 - Violetti kaasu -demonstraatioon opiskelijoiden selitysten tasot

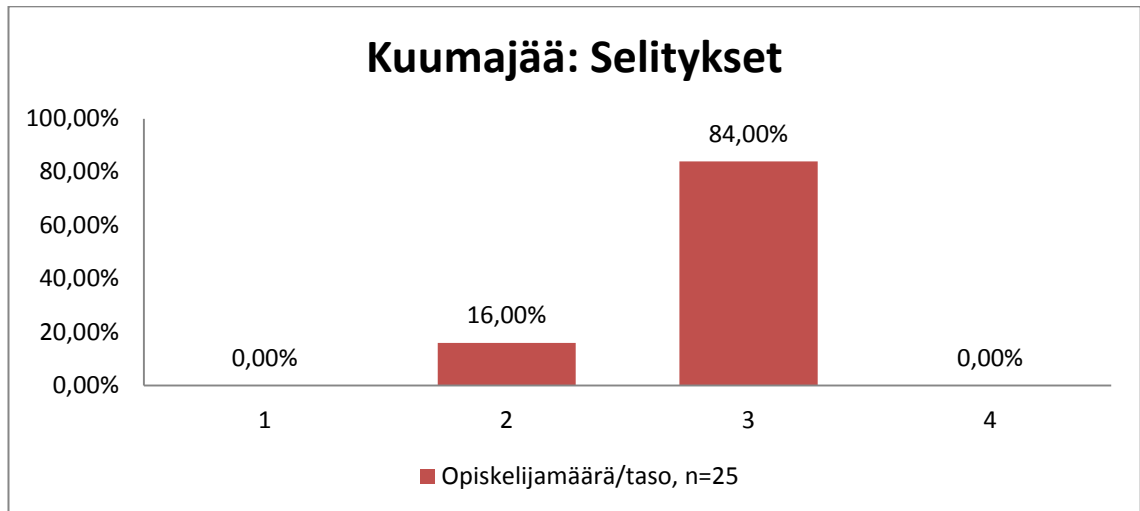
Toisen opetuskerran kuumajäädemonstraatioon tulokset esitetään kaaviossa 3. Tuloksista näemme, että parhaimmalle tasolle 4 luokiteltuja vastauksia on vähemmän ensimmäiseen demonstraatioon verrattuna. Toisaalta heikoimman tason 1 vastauksia ei esiintynyt lainkaan. Osasyynä tähän voidaan pitää natriumasetaatin kiteytysdemonstraatioon erilaaisuutta ensimmäiseen demonstraatioon jodin sublimaatiosta. Samoin myös demonstraatio-opetukseen tottuminen aiheuttaa havainnoinnin tason kehittymistä, sillä opiskelijat oppivat paremmin huomioimaan oleellisimpia asioita demonstraatioissa.



Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
2,8	0,82	0,16

Kaavio 3 - Kuumajää -demonstraatioon opiskelijoiden havainnoinnin tasot

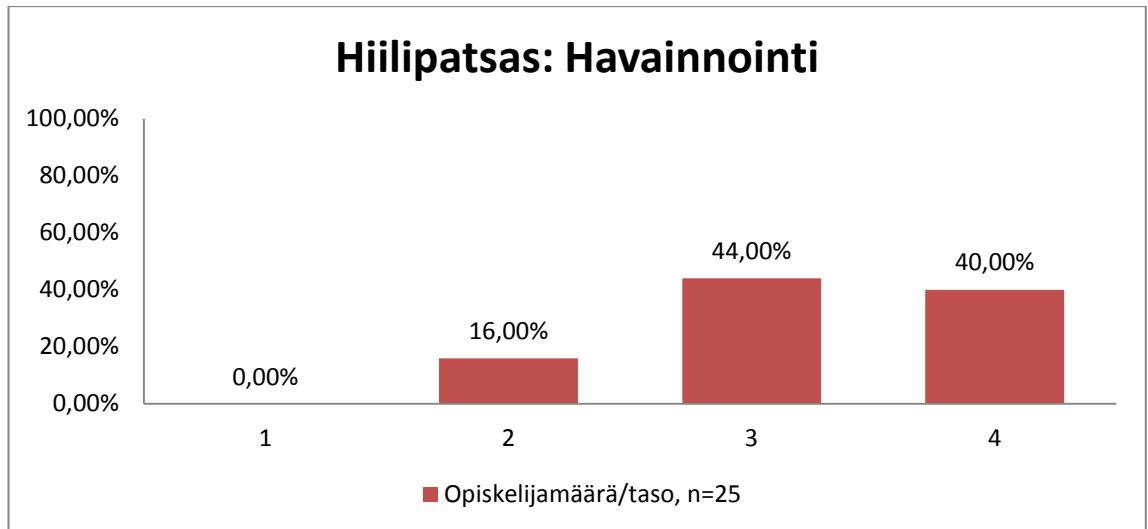
Tarkasteltaessa kuumajäädemonstraatiosta vastauksien kemian selityksiä, havaittiin että jopa 84 % vastauksia luokiteltiin tasolle 3, kuten kaaviosta 4 nähdään. Tämä tulos on erikoinen verrattuna havainnoinnin luokitteluun samasta demonstraatiosta. Todennäköistä on, että opiskelijoille demonstraation aihepiiri oli tuttu ja asia oli ymmärretty hyvin, vaikka havainnoinnin tasot vaihtelivat. Lisäksi opiskelijat olivat käsitelleet liuoksia juuri edellisenä päivänä, jolloin aihepiiri oli todennäköisesti hyvin opiskelijoiden muistissa.



Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
2,84	0,37	0,07

Kaavio 4 - Kuumajää -demonstraatiosta opiskelijoiden selitysten tasot

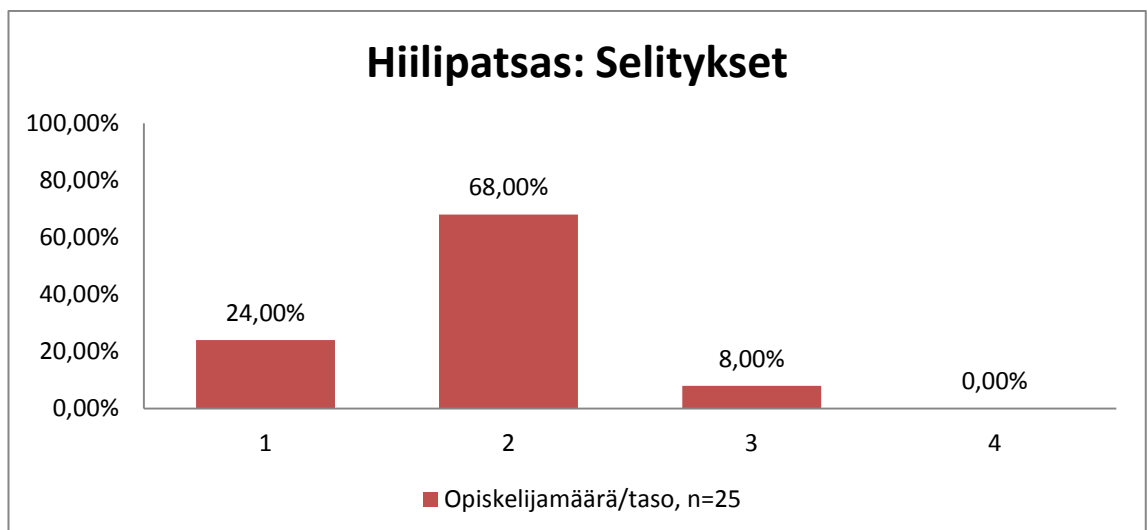
Kolmannessa demonstraatiosta opiskelijoiden havainnoinnin taso nousi merkittävästi tasoille 3 ja 4, mikä on nähtävissä kaaviosta 5. Demonstraatio oli visuaalisesti helpompi seurata, mikä saattoi vaikuttaa opiskelijoiden havainnointiin positiivisesti. Samoin kuin aiemmin, opetustapaan tottuessa opiskelijoiden kyky havainnoida demonstraatiosta oleellisimpia asioita kehittyi.



Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
3,24	0,72	0,14

Kaavio 5 - Hiilipatsas -demonstraatioon opiskelijoiden havainnoinnin tasot

Kaaviosta 6 nähdään viimeisen demonstraation selitysten tason heikentyminen tasolle 1 ja 2. Todennäköisesti tässä on kyse siitä, että opiskelijoille ei ollut tuttua demonstraatioissa käytetyn rikkihapon vettä sitova ominaisuus, jolloin kemian sisällöstä ei ollut aiempaa tietoa. Toisaalta viimeinen demonstraatio tehtiin samoihin aikoihin kun kurssilla aloitettiin orgaanisen kemian osa-alue, josta opiskelijat olisivat saaneet tukea demonstraation ymmärtämiseen. Toisaalta yläkoulussa on käsitelty orgaanista kemiaa, mutta kevyemmin kuin lukiossa.



Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
1,84	0,55	0,11

Kaavio 6 - Hiilipatsas -demonstraatioon opiskelijoiden selitysten tasot

Eryityisesti havainnoinnin tasoa käsitellessä on pidettävä mielessä se, että opiskelijan havainnoidessa demonstraatiota täytyy havainnot myös kuvata ja kirjata sanallisesti paperille. Tämä askel voi olla haasteellinen joillekin opiskelijoille, minkä vuoksi havainnoinnin arviointi on haastavaa. Paperilla olevasta sanallisesta vastauksesta voi tulkita, että opiskelija ei olisi ymmärtänyt asiaa, mutta asiasta opiskelijan kanssa keskustellessa havaitaan, että asia on ymmärretty paremmin, kuin sanallinen vastaus antoi ymmärtää. Tutkimuksessa kuitenkin arvosteltiin vain opiskelijoiden kirjallinen tuotos demonstraatiolomakkeeseen.

Demonstraatiolomakkeen tulokset havainnoinnin osalta olivat positiivisia, sillä opiskelijoiden havainnoinnin taso kehittyi jokaisella demonstraatio-opetuskerralla. Heikoimman tason havainnoiteja ei havaittu toisessa ja kolmannessa demonstraatioissa lainkaan, ja havainnoinnin keskiarvotaso kohosi demonstraatiokerrasta toiseen. Tästä voidaan päätellä, että demonstraatioilla on opiskelijoiden havainnointitaitoa kehittävä vaikutus, mikä on tärkeä osa luonnontieteellisissä oppiaineissa.

Kemian selitysten osalta tulokset ovat vaihtelevia. Selkeää kemian osaamisen kehittymistä tai heikentymistä ei voida havaita demonstraatio-opetuskertojen välillä. Lisäksi selitysten keskiarvotaso vaihtelee demonstraatiokerroilla voimakkaasti. Todennäköisin selitys osaamisen tason vaihteluille on demonstraation kemian aiheessa. Aiemmin tutusta kemian ilmiöstä opiskelijalla on jo taustatietoa, jonka avulla hän osaa vastata paremmin. Tämä on havaittavissa kuumajää – demonstraation kohdalla, sillä tällöin opiskelijat osasivat parhaiten vastata kemian selityksillä. Vastaavasti hiilipatsas – demonstraatioissa opiskelijat pärjäsivät heikoiten, johtuen todennäköisesti vieraammasta aiheesta.

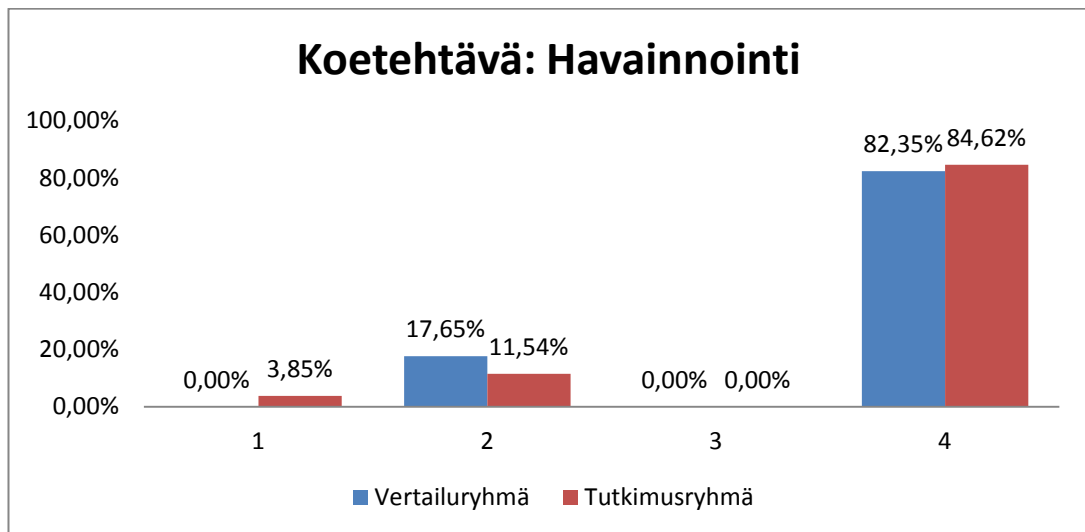
10.2. Koetehtävästä saadut tulokset

Koetehtävässä, joka on esitelty liitteessä 3, tarkoituksena oli kaksiosaisella kysymyksellä selvittää opiskelijoiden havainnointikykyä sekä kemian osaamista. Vastaukset luokiteltiin kaavion 1 mukaisesti tasoihin 1-4, joista taso 4 kuvaa hyvää vastausta ja taso 1 heikkoa vastausta.

Tässä tutkimuksessa ennako-odotus oli, että tutkimusryhmän havainnoinnin taso olisi parhaimmilla tasoilla 3 tai 4, sillä heille tutkimukselliset demonstraatiot opetusmenetelmänä oli tullut tutummaksi kurssin aikana. Positiivinen yllätys oli se, että myös vertailuryhmän havainnointitaso oli samankaltainen kuin tutkimusryhmällä.

Molempien ryhmien havainnoinnin keskiarvotasot olivat myös samat. Tulokset ovat nähtävissä kaaviossa 7.

Tulokseen todennäköisesti vaikutti se, että koetilanteessa kuvasta havainnoidessa on käytettävissä paljon enemmän aikaa kuin demonstraatiota esitettäessä, jolloin opiskelija pystyy keskittymään koetehtävään niin kauan kuin haluaa. Demonstraatiota esitettäessä havaittava ilmiö saattaa olla hyvin nopea tai vaikeasti havaittava, jolloin opiskelijalta saattaa mennä koko demonstraatio ohitse. Lisäksi demonstraatiota esitettäessä on paljon enemmän häiriötekijöitä, jolloin oleellisiin asioihin keskittyminen voi olla haastavaa. Koetehtävässä tätä ongelmaa ei ole, sillä koetilanne on rauhoitettu opiskelijan itsenäiseen työskentelyyn.



Tutkimusryhmä	Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
Havainnot	3,65	0,85	0,17
Vertailuryhmä	Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
Havainnot	3,65	0,79	0,19

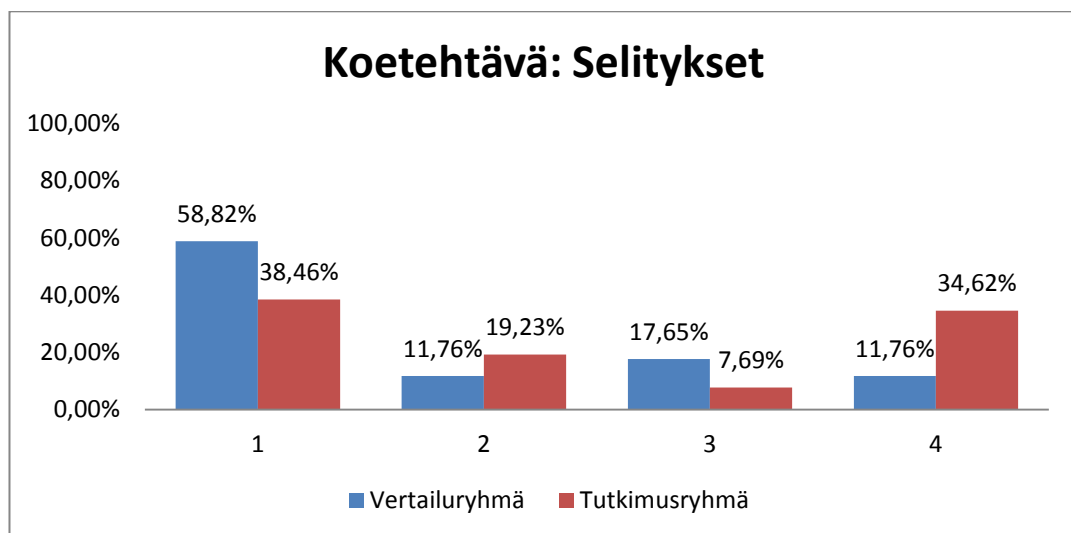
Kaavio 7 - Kurssikokeen demonstraatiotehtävän opiskelijoiden vastausten havainnoinnin tasot

Koetehtävän selitysten tulokset ovat esiteltyinä kaaviossa 8. Tutkimusryhmän kemian selitykset olivat hajautuneet selkeästi oikeisiin ja selkeästi väärin vastauksiin. Vertailuryhmässä suurin osa vastauksista oli heikolla tasolla 1. Edellisistä havainnoista johtuen huomattiin myös ero selitysten keskiarvotasossa tutkimusryhmän ja vertailuryhmän välillä.

Verratessa molempien ryhmien tasolle 4 luokiteltuja vastauksia, havaitaan, että tutkimusryhmässä on huomattavasti enemmän tason 4 vastauksia kuin vertailuryhmässä. Yksi selitys tälle on todennäköisesti se, että tutkimusryhmälle tutkimukselliset

demonstraatiot opetusmenetelmänä olivat tuttuja kurssilta, jolloin heidän on helpompi vastata samankaltaisessa tilanteessa. Toisaalta tutkimusryhmän nähdessä demonstraation ja kemian teorian yhteyden kurssin opetuskerroilla, heille saattoi olla helpompaa yhdistää koetehtävässä ilmoitetut havainnot kemian ilmiöön paremmin kuin vertailuryhmässä olevat. Tämä kertoisi siitä, että demonstraatioilla on merkittävä vaikutus kemian ilmiöiden ja havaintojen yhdistämisessä.

Väärin vastanneilla oli molemmissa ryhmissä vastauksissaan yhteinen virhe, joka koski raudan palamisreaktiota. Vastauksissaan opiskelijat väittivät rautavillan palavan muodostaen hiilidioksidia ja vettä. Virhekäsitys todennäköisesti syntyi siitä, että kemian ensimmäisellä lukiokurssilla kurssin loppupuolella keskitytään orgaanisen kemian perusteisiin, jossa myös hiilivetyjen palamista käsitellään. Hiilivedyn palamisessa muodostuu opiskelijoiden mainitsema tuoteita, jolloin opiskelijat yhdistivät tämän tiedon rautavillan palamiseen.



Tutkimusryhmä	Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
Selitykset	2,38	1,33	0,26
Vertailuryhmä	Keskiarvotaso	Keskihajonta	KH:n keskivirhe
Selitykset	1,82	1,13	0,27

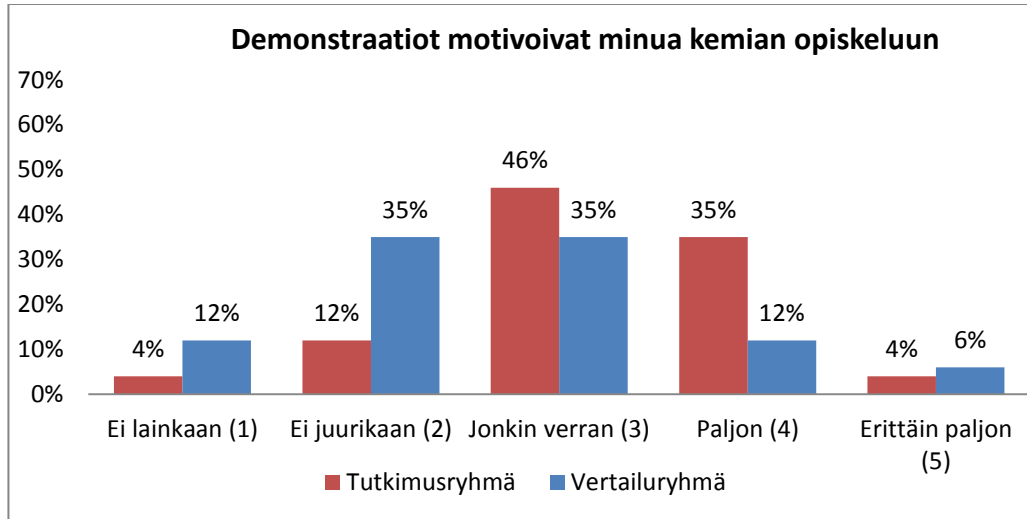
Kaavio 8 - Kurssikokeen demonstraatiotehtävän opiskelijoiden vastausten selitysten taso

10.3. Kyselylomakkeen monivalintakysymysten tulokset

Kyselylomakkeen monivalintakysymykset jakautuivat kahteen aihealueeseen: Demonstraatioihin liittyviin väittämiin sekä opiskelumotivaatioon liittyviin väittämiin. Alla olevissa kaavioissa on esiteltyinä kyselylomakkeen monivalintakysymysten

demonstraatioihin liittyvät vastaukset sekä tutkimusryhmän osalta että vertailuryhmän osalta.

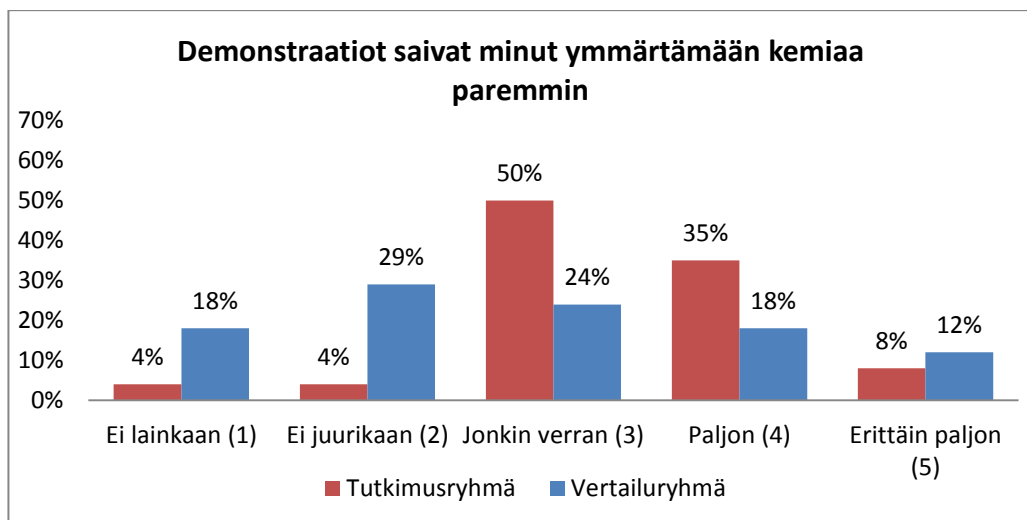
10.3.1. Demonstraatioihin liittyvien väittämien tulokset



	Keskiarvo vastaus	Keskihajonta	Keskihajonnan keskivirhe
Tutkimusryhmä	3,23	0,86	0,17
Vertailuryhmä	2,65	1,06	0,26

Kaavio 9 - Monivalintakysymyksen "Demonstraatiot motivoivat minua kemian opiskeluun" vastausjakauma

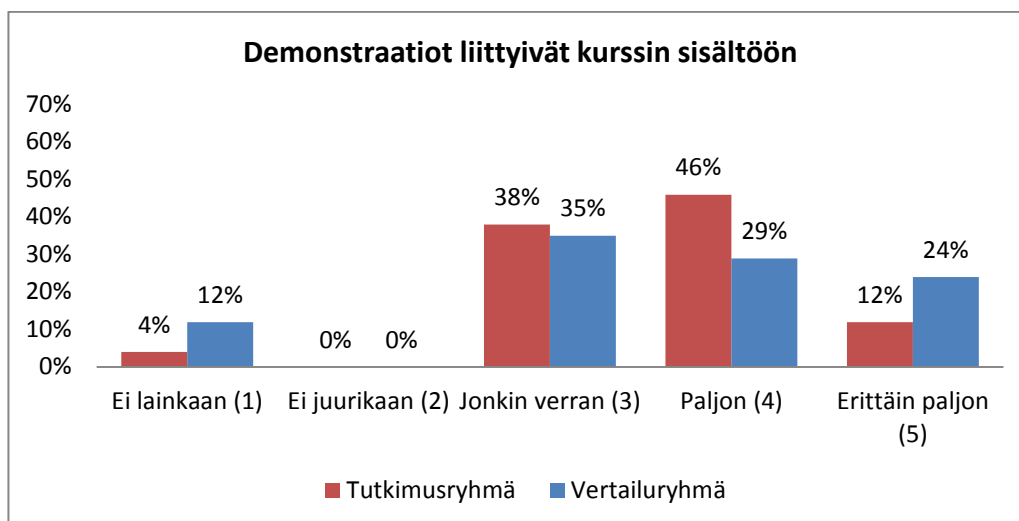
Kaaviossa 9 on esiteltyinä tutkimusryhmän sekä vertailuryhmän vastausjakaumat väittämään ”Demonstraatiot motivoivat minua kemian opiskeluun”. Huomioitavaa tuloksissa on tutkimusryhmän selkeästi parempi vastauksen keskiarvo kuin vertailuryhmällä. Lisäksi heikoimpia vastauksia oli selkeästi vähemmän tutkimusryhmässä kuin vertailuryhmässä. Tutkimusryhmälle tehtyjen demonstraatioiden ja kaavion 9 tuloksista voidaan päätellä, että demonstraatiot vaikuttavat positiivisesti opiskelijoiden kemian opiskelumotivaatioon.



	Keskiarvo vastaus	Keskihajonta	Keskihajonnan keskivirhe
Tutkimusryhmä	3,38	0,85	0,17
Vertailuryhmä	2,76	1,30	0,32

Kaavio 10 - Monivalintakysymyksen "Demonstraatiot saivat minut ymmärtämään kemiaa paremmin" vastausjakauma

Kaavion 10 tuloksista näemme, että tutkimusryhmäläisten mielestä demonstraatiot saivat heidät ymmärtämään kemiaa paremmin. Tästä voidaan päätellä, että demonstraatio-opetuksella on positiivinen vaikutus kemian oppimiseen. Vertailuryhmän vastaukset ovat taas jakaantuneet melko tasaisesti kaikille vastausvaihtoehdoille. Tämä voisi johtua siitä, että vertailuryhmälle tehdyt demonstraatiot eivät olleet opettavaisia tai niiden tarkoitusta opittavaan asiaan ei ymmärretty. Molempien ryhmien vastauksien vaihtelua selittää myös se, että jokaisella opiskelijalla on henkilökohtaiset tavat oppia asioita, jolloin demonstraatiot eivät välttämättä sovellu kaikille.

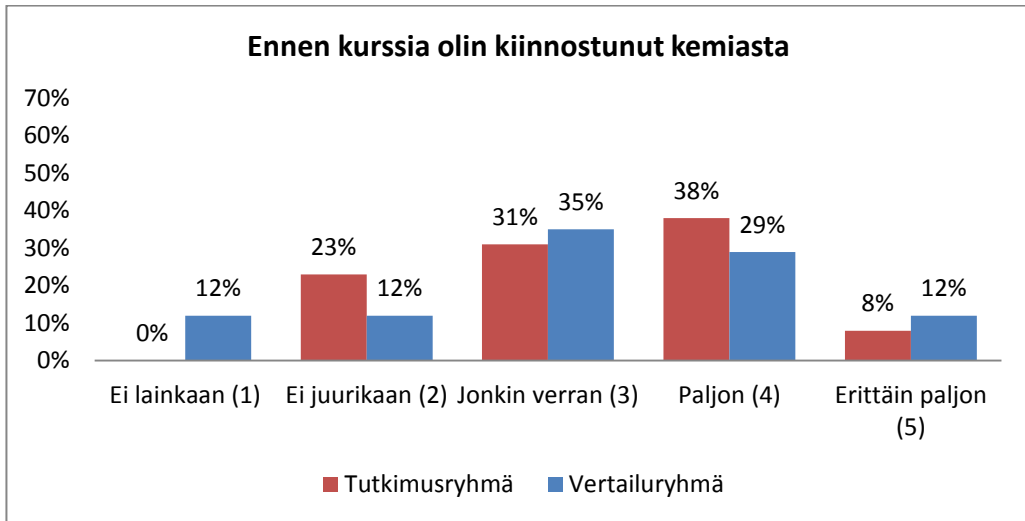


	Keskiarvo vastaus	Keskihajonta	Keskihajonnan keskivirhe
Tutkimusryhmä	3,61	0,85	0,17
Vertailuryhmä	3,53	1,23	0,30

Kaavio 11 - Monivalintakysymyksen "Demonstraatiot liittyivät kurssin sisältöön" vastausjakauma

Kaaviosta 11 havaitaan, että sekä tutkimusryhmässä että vertailuryhmässä oltiin sitä mieltä, että demonstraatiot liittyivät kurssin sisältöön "Jonkin verran" tai "Paljon", molempien ryhmien keskiarvo vastausten ollessa lähellä toisiaan. Tästä voidaan päätellä, että opiskelijat näkivät molemmissa ryhmissä yhteyden demonstraation ja opittavan asian välillä.

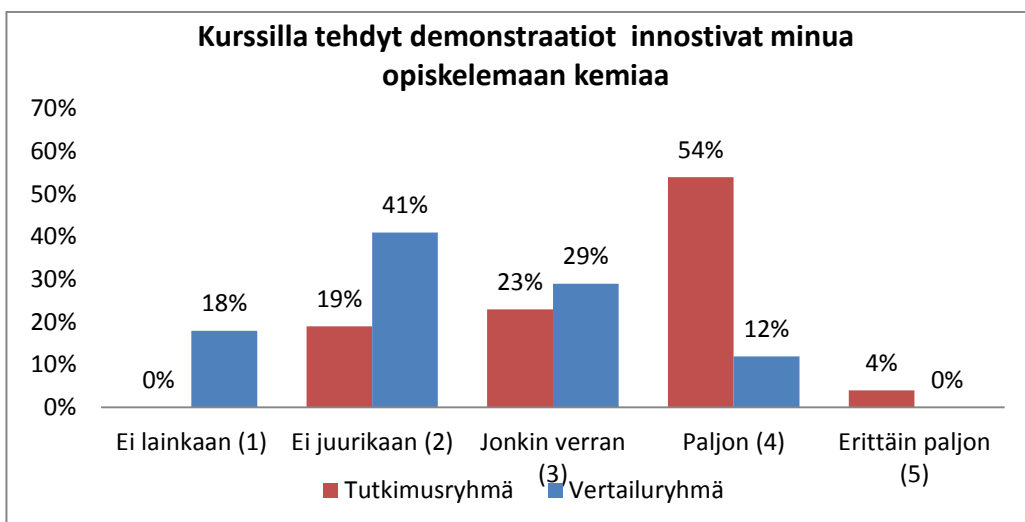
10.4. Opiskelumotivaatioon liittyvien kysymysten tulokset



	Keskiarvo vastaus	Keskihajonta	Keskihajonnan keskivirhe
Tutkimusryhmä	3,31	0,93	0,18
Vertailuryhmä	3,18	1,19	0,29

Kaavio 12 - Monivalintakysymyksen "Ennen kurssia olin kiinnostunut kemiasta" vastausjakauma

Sekä tutkimusryhmän että vertailuryhmän opiskelijat olivat kiinnostuneet kemiasta ennen kurssia lähes yhtä paljon verrattaessa vastausten keskiarvoja toisiinsa, kuten kaaviosta 12 voidaan havaita. Tutkimusryhmässä vastasi hieman suurempi osa opiskelijoista "Ei juurikaan" kuin vertailuryhmässä, mutta toisaalta tutkimusryhmässä ei esiintynyt ollenkaan "Ei lainkaan" vastauksia. Vastauksista voidaan päätellä, että molemmissa ryhmissä opiskelijat olivat keskimäärin yhtä paljon kiinnostuneita kemiasta, jolloin opiskelijoiden ennakoasenteilla ei ole suurta vaikutusta tämän tutkimuksen muihin osioihin.



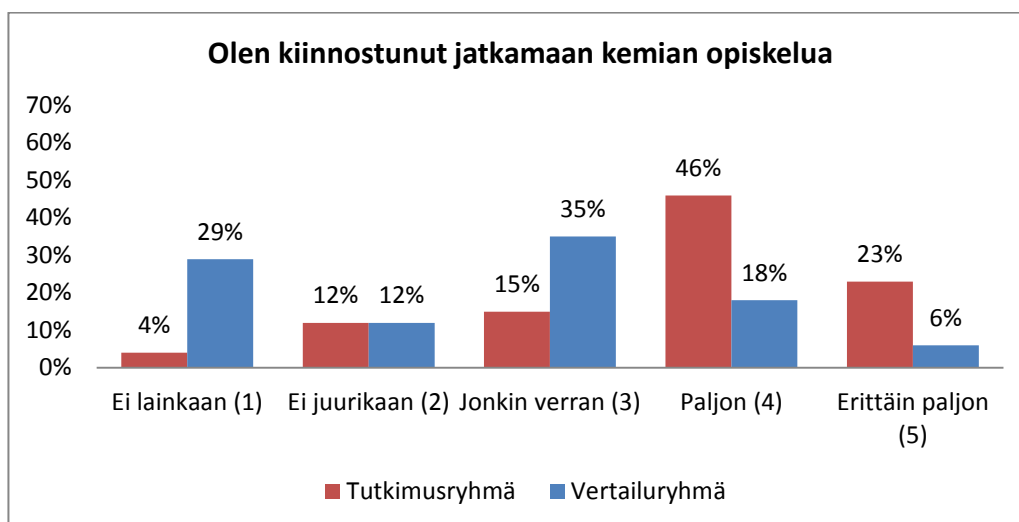
	Keskiarvo vastaus	Keskihajonta	Keskihajonnan keskivirhe
Tutkimusryhmä	3,43	0,86	0,17
Vertailuryhmä	2,35	0,93	0,23

Kaavio 13 - Monivalintakysymyksen "Kursilla tehdyt demonstraatiot innostuvat minua opiskelemaan kemiaa" vastausjakauma

Tutkimuksen yksi odotusarvoista oli se, että demonstraatio-opetus lisää opiskelumotivaatiota kemian kohtaan. Tätä puoltasi tutkimusryhmän enemmistön vastaus "Paljon" kaaviossa 13. Vertailuryhmällä enemmistö on sitä mieltä, että demonstraatiot eivät juurikaan tai vain jonkin verran innostivat opiskelemaan kemiaa. Lisäksi verratessa vastausten keskiarvoja toisiinsa, havaitaan tutkimusryhmällä selkeästi suurempi keskiarvo kuin vertailuryhmällä. Tuloksista voidaan päätellä, että demonstraatioilla on selkeä vaikutus opiskelijoiden motivaatioon opiskella kemiaa.

Tästä huolimatta lähes viidennes tutkimusryhmässä on sitä mieltä, etteivät demonstraatiot juurikaan lisää motivaatiota opiskella kemiaa. Samoin vertailuryhmässä lähes viidennes oli sitä mieltä, etteivät demonstraatiot motivoi heitä lainkaan opiskelemaan kemiaa. Näitä tuloksia voidaan perustella sillä, että jokaisella opiskelijalla on henkilökohtaiset opiskelutekniikat, jolloin demonstraatiot eivät välttämättä sovi kaikille, vaan he mieluummin opiskelisivat jollain toisella tavalla.

Osasyynä varmasti vaikuttaa juuri edellä mainitut erilaiset opiskelutekniikat, mutta vertailuryhmän opiskelijoiden avoimiin kysymyksiin antamien vastausten mukaan opiskelijat eivät pitäneet kurssilla tehdyistä demonstraatioista tai kokeellisista töistä. Perusteluiksi opiskelijat mainitsivat huonot ohjeet sekä sen, että demonstraatioiden takana olevia ilmiöitä ei käyty kuin pinnallisesti lävitse. Näitä tuloksia käydään tarkemmin läpi kappaleessa 10.5.



	Keskiarvo vastaus	Keskihajonta	Keskihajonnan keskivirhe
Tutkimusryhmä	3,73	1,08	0,21
Vertailuryhmä	2,59	1,28	0,31

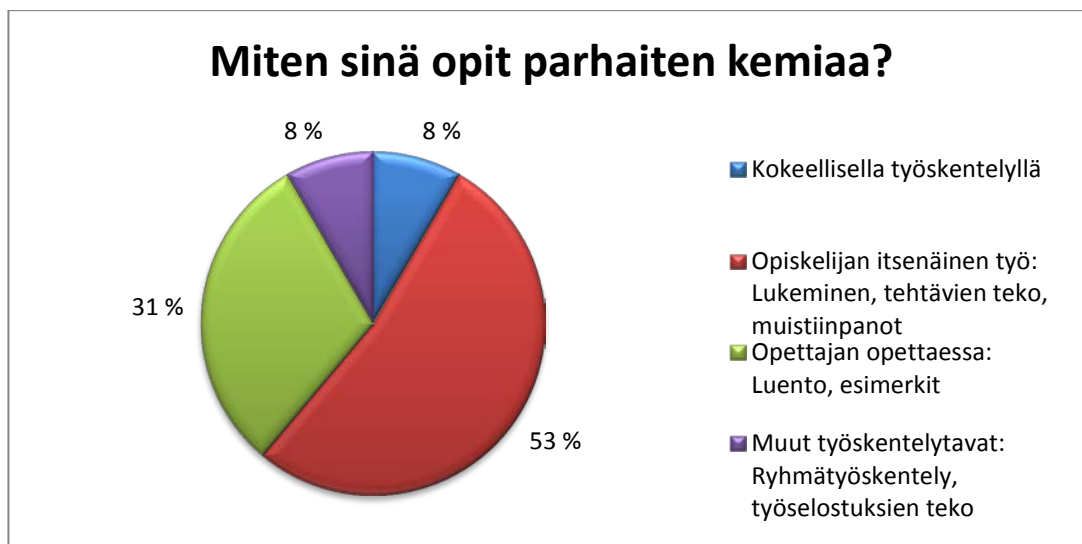
Kaavio 14 - Monivalintakysymyksen "Olen kiinnostunut jatkamaan kemian opiskelua" vastausjakauma

Tutkimusryhmän opiskelijat olivat kiinnostuneempia jatkamaan kemian opiskelua kuin vertailuryhmän opiskelijat. Vertailuryhmästä lähes kolmannes oli sitä mieltä, etteivät jatka kemian opintoja lainkaan. Verratessa tämän kysymyksen vastauksia aiempaan väittämään kemian motivaatiosta ennen kurssia, havaitaan huolestuttava kasvu vertailuryhmällä "Ei lainkaan" vastauksissa 12 %:sta 29 %:tiin. Lisäksi vastausten keskiarvo jää vastausten mediaanin alapuolelle. Tämän perusteella kurssi "karkotti" osan vertailuryhmän opiskelijoista pois kemian opinnoista.

Toisaalta tutkimusryhmän opiskelijoiden mielenkiinto jatkaa kemian opintoja on hieman suurempi verratessa kysymykseen motivaatiosta ennen kurssia. Enemmistön mukaan opiskelijoita kiinnostaa "Paljon" jatkaa kemian opintoja, ja 23 % "Erittäin paljon". Mielenkiintoista on myös se, että vaikka kurssin jälkeen mielenkiinto kemian opiskeluun on kasvanut runsaasti, esiintyy kaavion 14 vastauksissa myös 4 % osuus, joita ei kiinnosta lainkaan jatkaa kemian opiskelua. Aiemmassa väittämässä ennen kurssia tätä ryhmää ei esiintynyt lainkaan tutkimusryhmässä. Todennäköisesti tämä edustaa opiskelijaryhmää, joita kemia ei kiinnosta niin paljoa, mutta eivät olleet täysin varmoja siitä ennen kurssia.

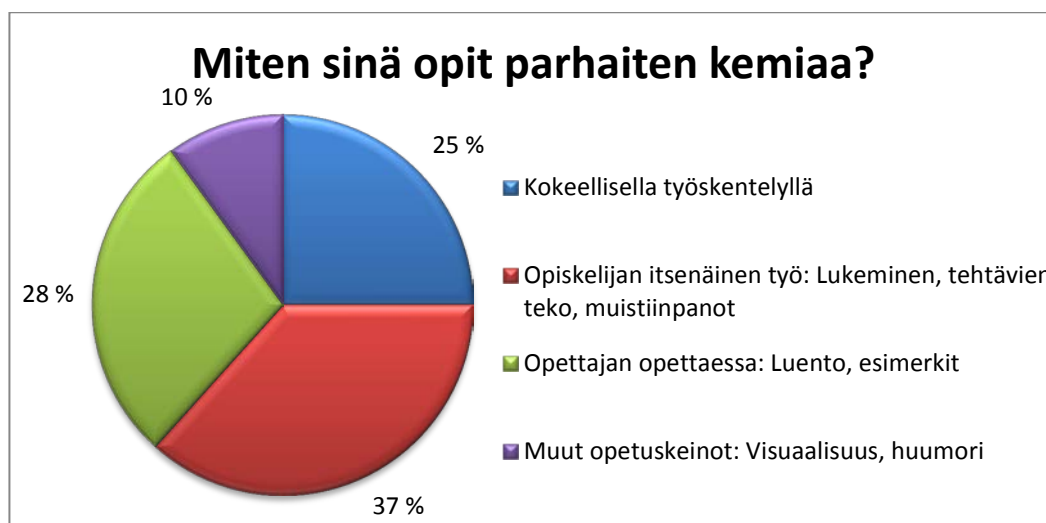
10.5. Kyselylomakkeen avoimien kysymysten tulokset

Kyselylomakkeen avoimien kysymysten vastaukset ovat esiteltyinä tutkimusryhmälle ja vertailuryhmälle erikseen alla olevissa kaavioissa.



Kaavio 15 - Avoimen kysymyksen "Miten sinä opit parhaiten kemiaa?" vertailuryhmän vastaukset

Kaavion 15 mukaan vertailuryhmässä opiskelijat olivat suurelta osin sitä mieltä, että he oppivat kemiaa parhaiten itsenäisellä työskentelyllä, esimerkiksi lukemalla kurssikirjaa tai tekemällä tehtäviä. Opiskelijat pitivät kuitenkin opettajan vaikutusta oppimiseen suurena, mikä näkyy vastauksissa noin kolmasosalla.

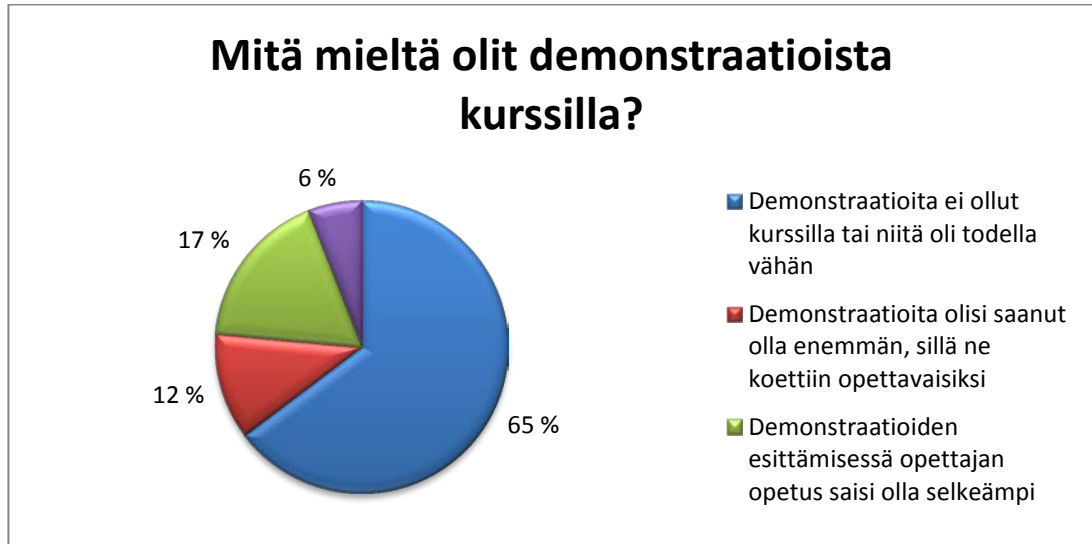


Kaavio 16 - Avoimen kysymyksen "Miten sinä opit parhaiten kemiaa?" tutkimusryhmän vastaukset

Samaan kysymykseen vastanneiden tutkimusryhmän opiskelijoiden vastaukset nähdään kaaviosta 16. Vastaukset noudattavat samaa linjaa kuin vertailuryhmän vastaukset, mutta tutkimusryhmä painotti huomattavasti enemmän kokeellisen työskentelyn merkitystä oppimiseen kuin vertailuryhmä.

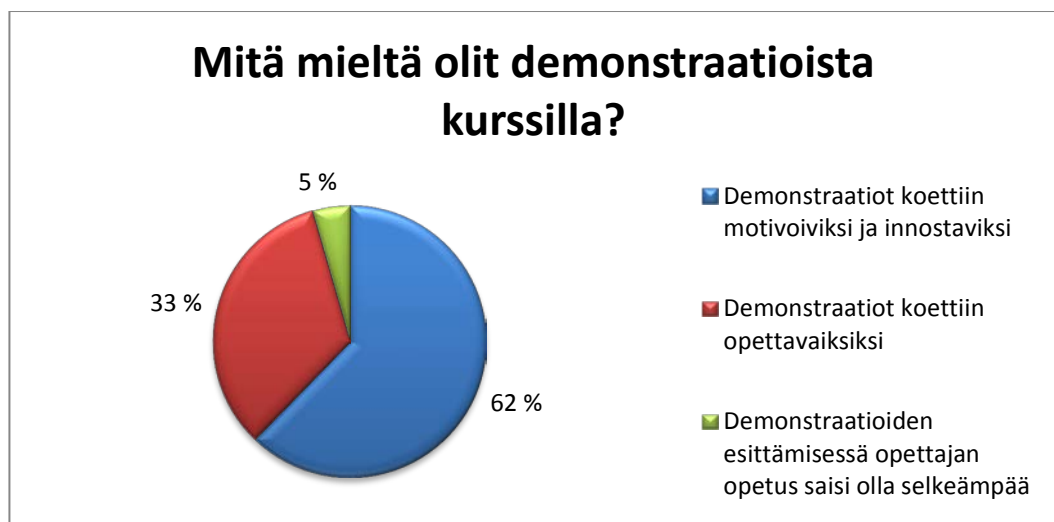
Tutkimusryhmän tuloksiin on todennäköisesti vaikuttanut demonstraatio-opetus kurssilla, minkä vuoksi vastauksissa näkyy selkeästi suurempi osuus kokeellisessa työskentelyssä kuin vertailuryhmällä. Tästä voitaisiin päätellä, että demonstraatio-

opetuksella on ollut positiivinen vaikutus kemian oppimiseen tutkimusryhmässä. Toisaalta on mahdollista, että tutkimusryhmässä on enemmän opiskelijoita, jotka oppivat mielestään paremmin kokeellisella työskentelyllä.



Kaavio 17 - Avoimen kysymyksen "Mitä mieltä olit demonstraatioista kurssilla" vertailuryhmän vastaukset

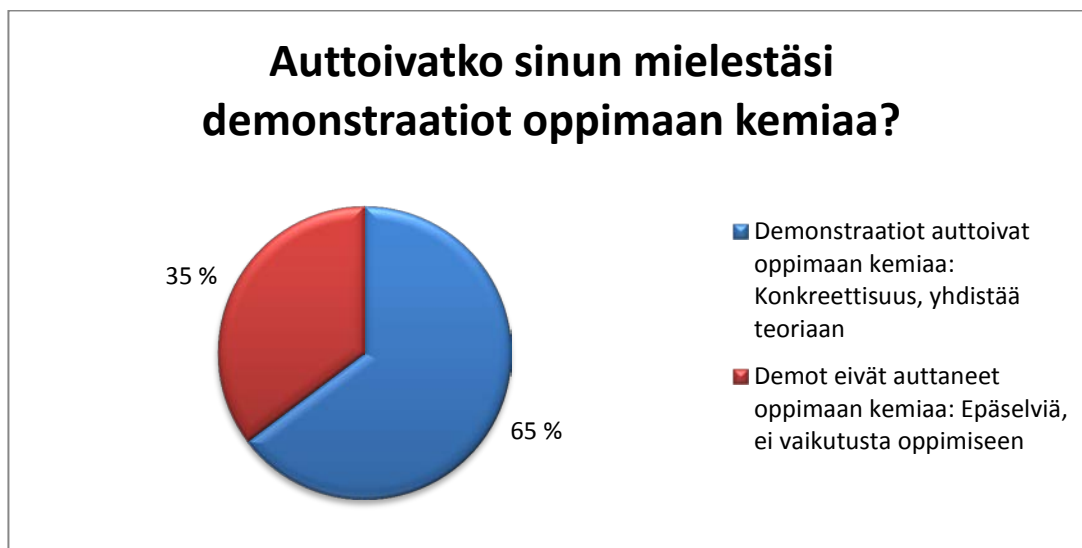
Suurella osalla vertailuryhmän opiskelijoiden vastauksissa mainittiin, että demonstraatioita ei ollut kurssilla tai niitä oli todella vähän (kaavio 17). Todellisuudessa vain jälkimmäinen pitää paikkaansa, sillä vertailuryhmälle esitettiin demonstraatioita, mutta opiskelijat eivät välttämättä tätä enää kurssikokeen yhteydessä muistanee. Demonstraatioita myös haluttiin lisää kurssille, tai opiskelijat kokivat, että demonstraatioita oli liian vähän.



Kaavio 18 - Avoimen kysymyksen "Mitä mieltä sinä olit demonstraatioista kurssilla?" tutkimusryhmän vastaukset

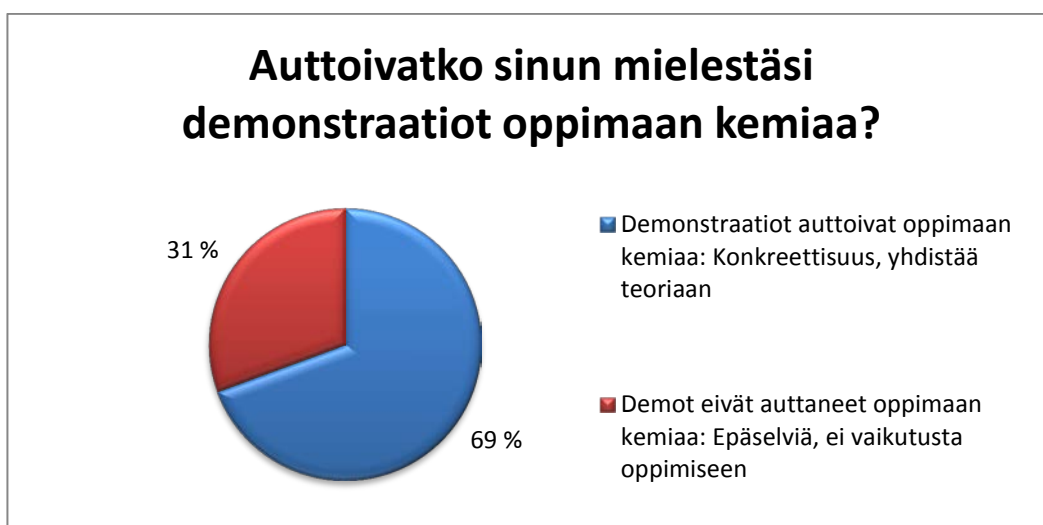
Odotetusti tutkimusryhmällä demonstraatiot koettiin paljon positiivisemmaksi oppimiskokemukseksi, mikä näkyy vastauksissa kaaviossa 18. Runsas enemmistö piti

demonstraatioita hyvänä lisänä kurssille. Tuloksista voidaan päätellä, että demonstraatiot motivoivat ja innostavat opiskelijoita opiskelemaan kemiaa, sekä ne opettavat kemiaa opiskelijoille.



Kaavio 19 - Avoimen kysymyksen "Auttoivatko sinun mielestäsi demonstraatiot oppimaan kemiaa?" vertailuryhmän vastaukset

Vertailuryhmän vastaukset jakautuivat demonstraatioilla oppimisessa kahteen ryhmään (kaavio 19). Enemmistön mielestä demonstraatiot auttoivat oppimaan kemiaa, mutta yli kolmasosan mielestä eivät auttaneet. Tätä tulosta voi perustella se, että opiskelijoilla on erilaisia oppimiskeinoja, jolloin demonstraatio-opetus ei sovellu kaikille. Toisaalta vertailuryhmällä demonstraatioita oli vähemmän, ja aiemman kaavion 17 tulokset osoittavat, että opiskelijat eivät pitäneet demonstraatioista kurssilla. Kuitenkin 65 % opiskelijoista piti demonstraatioita opettavaisina.



Kaavio 20 - Avoimen kysymyksen "Auttoivatko sinun mielestäsi demonstraatiot oppimaan kemiaa?" tutkimusryhmän vastaukset

Hieman yllättävästi tutkimusryhmän vastaukset demonstraatioiden vaikutuksesta oppimiseen olivat samankaltaiset kuin vertailuryhmällä. Jälleen lähes kolmasosan mielestä demonstraatiot eivät auttaneet oppimaan kemiaa. Syynä tähän voi olla sama kuin vertailuryhmällä, eli oppimiskeinojen erilaisuudella ja siten demonstraatioiden sopimattomuudella opiskelijalle. Hieman suurempi osuus opiskelijoista piti demonstraatioita opettavaisina kuin vertailuryhmässä, mikä on positiivinen tulos.

11. Johtopäätökset

Tuloksista käy ilmi, että demonstraatio-opetus toi tutkimusryhmän opiskelijoille miellyttävää vaihtelua perinteiseen kemian opetukseen ja samalla ne motivoivat kemian opiskeluun. Tämä tulos on yhtenevä monien tutkimusten^{12,14,20,24} kanssa, joissa selvitettiin demonstraatioiden vaikutusta motivaatioon.

Demonstraatiot auttavat opiskelijoita ymmärtämään kemian teoriaa paremmin, sillä demonstraatio yhdistää abstraktia teoriaa käytännön ilmiöihin. Myös tämä tulos on yhteneväinen kirjallisuudesta saatujen tulosten kanssa.^{14,17,20,21,22,23,24}

Demonstraatiota suunniteltaessa täytyy pitää koko oppimistilanne mielessä alusta asti. Näin demonstraatio on kokonaisuudeltaan ehjä, eikä opiskelijoille jää irtonaista kuvaa demonstraatiosta muun opetuksen ohella. Liian vähän suunniteltu tai jos demonstraation toteutus ontuu, jää demonstraatiosta hyvin pinnallinen kuva opiskelijoille. Tämä näkyy tutkimuksessa esimerkiksi vertailuryhmän opiskelijoiden mielipiteissä demonstraatioita kohtaan. Samoin demonstraatiosta voi jäädä negatiivinen kokemus, mikäli opiskelija ei näe demonstraatiota lainkaan. Tähän viittaa tutkimuksen tuloksissa opiskelijoiden kehitysehdotukset demonstraatio-opetuksessa, joissa opiskelijat mainitsevat demonstraatioiden näkyvyyden olevan ongelma. Tämä tulos esiintyi sekä vertailuryhmässä että tutkimusryhmässä, joskin tutkimusryhmässä tämä osuus vastauksista oli huomattavasti suurempi. Tämä havainto on mielenkiintoinen, sillä opiskelijoita kehoitettiin tulemaan lähemmäksi seuraamaan demonstraatiota, esimerkiksi vetokaapin ympärille, ja opiskelijoilta varmistettiin näkyvyys ennen jokaisen demonstraation esittämistä. On mahdollista, että opiskelijat eivät halunneet tai uskaltaneet tulla lähemmäksi seuraamaan demonstraatiota, jonka vuoksi näkyvyys oli heikko. Kehitysideana eräältä opiskelijalta tuli ehdotus, että vetokaappiin laitettaisiin

pieni kamera, jonka kuva heijastettaisiin projektorilla seinälle. Näin näkyvyys taattaisiin jokaiselle opiskelijalle.

Demonstraatiota esitettäessä on tärkeää pitää mielessä demonstraation tarkoitus. Usein demonstraation tarkoituksena on havainnollistaa kemian ilmiö, jolloin demonstraatiosta on tarkoitus oppia jotain. Siksi on tärkeää, että demonstraation sisältöjä tulisi selostaa mahdollisimman yksityiskohtaisesti, jotta opiskelijalle ei jäisi epäselväksi demonstraation tarkoitus. Tutkimuksessa muutaman opiskelijan vastauksessa ilmeni, etteivät he olleet ymmärtäneet demonstraatioissa ollutta kemiaa, joka teki demonstraatiosta irtonaisen kokemuksen. Jatkotutkimuksia ajatellen tämä on tärkeää pitää mielessä vielä tarkemmin.

Tässä tutkimuksessa havaittiin, että demonstraation esittäjällä on suuri vaikutus demonstraatiosta oppimiseen. Esittäjä voi omalla persoonallaan ja toiminnallaan vaikuttaa suuresti siihen, miten opiskelijat ymmärtävät demonstraation ja siihen, miten opiskelijat työskentelevät demonstraation aikana. Innostunut esittäjä helposti tartuttaa innokkuutensa myös opiskelijoihin, mikä lisää opiskelijoiden motivaatiota demonstraatiota kohtaan suuresti.

Demonstraatioita tulee harjoitella runsaasti etukäteen, ennen kuin niitä aikoo esittää opetuksessa. Suositeltavaa olisikin, että demonstraatiota tulisi testata kerran ennen esittämistä onnistumisen varmistamiseksi. Vahinkoja kuitenkin sattuu aina, ja joskus demonstraatio ei suju niin kuin sen aikoi sujuvan. Kokemuksen ja harjoittelun kautta demonstraatioiden esittäjä pääsee ongelmakohdista eroon.

Yhteenvetona kerrattakoon, että tutkimuksen mukaan demonstraatiot ovat erinomainen tapa selventää opiskelijoille kemian eri osa-alueita. Opiskelijat pitävät demonstraatioista, sillä ne monipuolistavat opetusta ja demonstraatiot usein motivoivat opiskelijoita kemia opiskeluun. Tutkimuksen tarkoitus ei ole ehdottaa pelkästään demonstraatioita käytettäväksi opetuksessa, vaan kaikkia työtapoja tulisi käyttää monipuolisesti. Kemian opetusta pohdittaessa tulisikin aina pitää mielessä opetuksen tärkein osapuoli, eli opetuksen vastaanottaja, opiskelija tai oppilas.

12. Kirjallisuusviitteet

1. Opetushallitus, *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*, Opetushallitus, Helsinki, 2014.
2. Opetushallitus, *Lukion opetussuunnitelman perusteiden luonnos 2014*, Opetushallitus, Helsinki, 2014.
3. Jarkko Lampiselkä, *Demonstratio lukion kemian opetuksessa*, Jyväskylän yliopisto, 2003.
4. Maija Aksela, *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach*, Maija Aksela, 2005.
5. Bloom's Taxonomy, <http://whitman.syr.edu/wsmhelp/faculty-resources/instructional-design-delivery/teaching-pedagogy/blooms-taxonomy.aspx>, Syracuse University, (2.2.2015).
6. Erik McKee, Vickie M. Williamson and Laura E. Ruebush, Effects of a demonstration laboratory on student learning, *J. Sci. Educ. Technol.* **2007**, *16*, 395-400.
7. Pasl A. Jalil, A procedural problem in laboratory teaching: Experiment and explain, or vice-versa? *J. Chem. Educ.* **2006**, *83*, 159.
8. Suzanne L. Black, General Chemistry Laboratory—Scientific Inquiry: 157 New Experiments in One Semester, *J. Chem. Educ.* **1996**, *73*, 776.
9. Avi Hofstein, The laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation, and research, *Chemistry education: Research and Practice* **2004**, *5*, 247-264.
10. Theodore L. Miller, Demonstration-exploration-discussion: Teaching chemistry with discovery and creativity, *J. Chem. Educ.* **1993**, *70*, 187.
11. Robert Wolfe, Not just another magic show, *J. Chem. Educ.* **1990**, *67*, 1008.
12. David O. Tanis and Bassam Z. Shakhaskiri, Why I do demonstrations, *J. Chem. Educ.* **1984**, *61*, 1010.
13. Jarkko Lampiselkä, *Kemian demonstraatio opas*, MFKA-Kustannus, Helsinki, 2004.

14. Michael D. Roadruck, Chemical demonstrations: Learning theories suggest caution, *J. Chem. Educ.* **1993**, 70, 1025.
15. Letta Sue Meyer, Doug Panee, Stan Schmidt and Fred Nozawa, Using demonstrations to promote student comprehension in chemistry, *J. Chem. Educ.* **2003**, 80, 431.
16. Art Serianz and Dennis Graham, Lecture demonstrations in chemistry: A two week summer institute for pre-college teachers, *J. Chem. Educ.* **1988**, 65, 356.
17. Herschel Hunt, Demonstrations as a substitute for laboratory practice in general chemistry. II. What, why, and to whom shall we demonstrate? *J. Chem. Educ.* **1936**, 13, 29.
18. John J. Fortman and Rubin Battino, A practical and inexpensive set of videotaped demonstrations, *J. Chem. Educ.* **1990**, 67, 420.
19. Ryan D. Sweeder and Kathleen A. Jeffery, A comprehensive general chemistry demonstration, *J. Chem. Educ.* **2012**, 90, 96-98.
20. George M. Bodner, Why lecture demonstrations are 'exocharmic' for both students and their instructors, *University Chemistry Education* **2001**, 5, 31-35.
21. Linda L. Ramsey, Jeffrey Walczyk, William C. Deese and Danny Eddy, Using demonstration assessments to improve learning, *J. Chem. Educ.* **2000**, 77, 1511.
22. Richard W. Ramette, Exocharmic reactions, *J. Chem. Educ.* **1980**, 57, 68.
23. Jeffrey Hepburn and Erica K. Jacobsen, The Magic of Good Chemistry: An Interview with Jeffrey Hepburn, 2010 Conant Award Winner, *J. Chem. Educ.* **2010**, 87, 912-915.
24. David T. Pierce and Thomas W. Pierce, Effective use of demonstration assessments in the classroom relative to laboratory topics, *J. Chem. Educ.* **2007**, 84, 1150.
25. Crystal Wood and Bryan Breyfogle, Interactive demonstrations for mole ratios and limiting reagents, *J. Chem. Educ.* **2006**, 83, 741.
26. Rufus D. Reed, High-school chemistry demonstrations, *J. Chem. Educ.* **1929**, 6, 1905.

27. Miriam C. Nagel, Dangerous demos, *J. Chem. Educ.* **1986**, 63, 81.
28. George M. Bodner, Lecture demonstration accidents from which we can learn, *J. Chem. Educ.* **1985**, 62, 1105.
29. Jenny Yli-Sissala, Demonstraatiot oppimisen tukena orgaanisen kemian yliopisto-opetuksessa, Tampereen teknillinen yliopisto **2010**.
30. Aaron E. Black and Edward L. Deci, The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective, *Science Education* **2000**, 84, 740-756.
31. T. Tähkä, Asennetta kemian opiskeluun. Teoksessa P. Kärnä, L. Houtsonen & T. Tähkä, *Luonnontieteiden opetuksen kehittämishaasteita 2012* **2012**.
32. Akane Zusho, Paul R. Pintrich and Brian Coppola, Skill and will: The role of motivation and cognition in the learning of college chemistry, **2003**, 25, 1081-1094.
33. Katerina Salta and Chryssa Tzougraki, Attitudes toward chemistry among 11th grade students in high schools in Greece, **2004**, 88, 535-547.
34. Donna M. Chamely-Wiik, Jerome E. Haky, Deborah W. Louda and Nancy Romance, SQER3: An Instructional Framework for Using Scientific Inquiry To Design Classroom Demonstrations, *J. Chem. Educ.* **2014**, 91, 329-335.
35. Maija Aksela and Riitta Juvonen, *Kemian opetus tänään*, Edita. Helsinki **1999**.
36. Dan M. Sullivan, A program of science demonstrations by college students, *J. Chem. Educ.* **1990**, 67, 887.
37. William S. Harwood and Maureen M. McMahon, Effects of integrated video media on student achievement and attitudes in high school chemistry, *Journal of Research in Science Teaching* **1997**, 34, 617-631.
38. Jerome Thompson and Kola Soyibo, Effects of lecture, teacher demonstrations, discussion and practical work on 10th graders' attitudes to chemistry and understanding of electrolysis, *Research in Science & Technological Education* **2002**, 20, 25-37.

39. Thomas O'Brien, The science and art of science demonstrations, *J. Chem. Educ.* **1991**, 68, 933.
40. James S. Nowick and Ronald G. Brisbois, The MIT Chemistry Outreach Program: Graduate students presenting chemistry to high school students, *J. Chem. Educ.* **1989**, 66, 668.
41. Guy Ashkenazi and Gabriela C. Weaver, Using lecture demonstrations to promote the refinement of concepts: the case of teaching solvent miscibility, *Chemistry education: Research and Practice* **2007**, 8, 186-196.
42. Paul Kelter, Are Our Demonstration-Based Workshops Doing More Harm Than Good? *J. Chem. Educ.* **1994**, 71, 109.
43. H. Beall, Report on the WPI Conference " Demonstrations as a Teaching Tool in Chemistry: Pro and Con", *J. Chem. Educ.* **1996**, 73, 641.
44. M. Aksela and V. Karjalainen, Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa, Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos, Helsingin yliopisto **2008**.
45. Mary Hatcher-Skeers and Ellen Aragon, Combining active learning with service learning: a student-driven demonstration project, *J. Chem. Educ.* **2002**, 79, 462.
46. James V. DeRose, To see for yourself, *J. Chem. Educ.* **1980**, 57, 70.
47. Jack F. Eichler, Imploding soda cans: from demonstration to guided-inquiry laboratory activity, *J. Chem. Educ.* **2009**, 86, 472.
48. Craig W. Bowen and Amy J. Phelps, Demonstration-based cooperative testing in general chemistry: A broader assessment-of-learning technique, *J. Chem. Educ.* **1997**, 74, 715.

Liitteet

LIITE 1

Demonstraatiolomake

Nimi:

Voit tehdä tehtävät yksin, pareittain tai ryhmässä.

1) Kirjoita ja/tai piirrä demonstraatioissa käytettävät välineet alle.

2) Mitä tiedät ennakkoon demonstraatioissa käytettävistä aineista tai välineistä?

3) Ennusta mitä demonstraatioissa tulee tapahtumaan.

4) Seuraa demonstraatiota ja tee havaintoja. Kirjoita/piirrä havaintosi alle.

5) Vertaa aiemmin tekemiäsi ennustuksia havaintoihisi. Olivatko ennustuksesi oikeassa?

6) Selitä parhaasi mukaan mitä demonstraatiossa tapahtui käyttäen apuna havaintojasi ja kemian tietojasi.

Hei opiskelija!

Tämä lomakekysely on osa Jyväskylän yliopistossa tekemääni pro gradu -tutkielmaani. Kyselyn tarkoituksena on selvittää tutkimuksellisten demonstraatioiden vaikutusta opiskelijoiden kemian opiskelumotivaatioon. Lisäksi tavoitteena on selvittää, miten opiskelijat kokevat tutkimuksellisten demonstraatioiden vaikuttavan omaan kemian oppimiseensa.

Pro gradu -tutkielmani onnistumisen kannalta olisi tärkeää, jos vastaisit kyselyyn ja jokaiseen kysymykseen. Kysymyksiä on yhteensä 18, joista 6 on avoimia kysymyksiä, muut ovat monivalintakysymyksiä. Vastaukset käsitellään siten, ettei yksittäistä opiskelijaa voida tunnistaa annetusta vastauksesta.

Jos haluat, voit vastata kyselyyn myös sähköisesti osoitteessa <http://goo.gl/forms/slSHD9XLlm> tai seuraamalla QR - koodia:



Kiitän sinua vastaamisesta,

Timo Ahola-Olli

Loppukysely

Sukupuoli:

Mies []

Nainen []

Millä lukion vuosiluokalla olet? Ympyröi.

1

2

3

4

5

Miten sinä opit parhaiten kemiaa? Kerro lyhyesti.

Kysymyksiä demonstraatioista

Demonstraatioilla tarkoitetaan opettajan esittämiä laboratoriotöitä. Vastaa laittamalla rasti ruutuun mielestäsi parhaan vaihtoehdon kohdalle.

Mitä mieltä olit demonstraatioista kurssilla? Kerro lyhyesti.

	Ei lainkaan	Ei juurikaan	Jonkin verran	Paljon	Erittäin paljon
Demonstraatiot motivoivat minua kemian opiskeluun					
Demonstraatioita oli helppo seurata					
Demonstraatiot saivat minut ymmärtämään kemiaa paremmin					
Demonstraatioiden esittäjä oli selkeä					
Demonstraatiot liittyivät kurssin sisältöön					

Auttoivatko sinun mielestäsi demonstraatiot oppimaan kemiaa? Perustele lyhyesti.

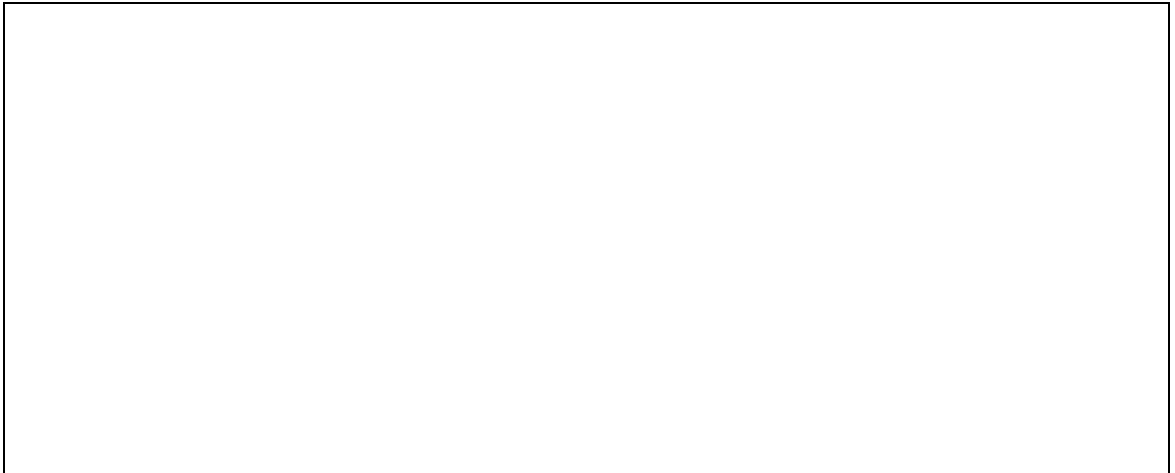
Mitä muuttaisit demonstraatio-opetuksessa? Esimerkiksi esitystapaa, kokeita, esittäjää...

--

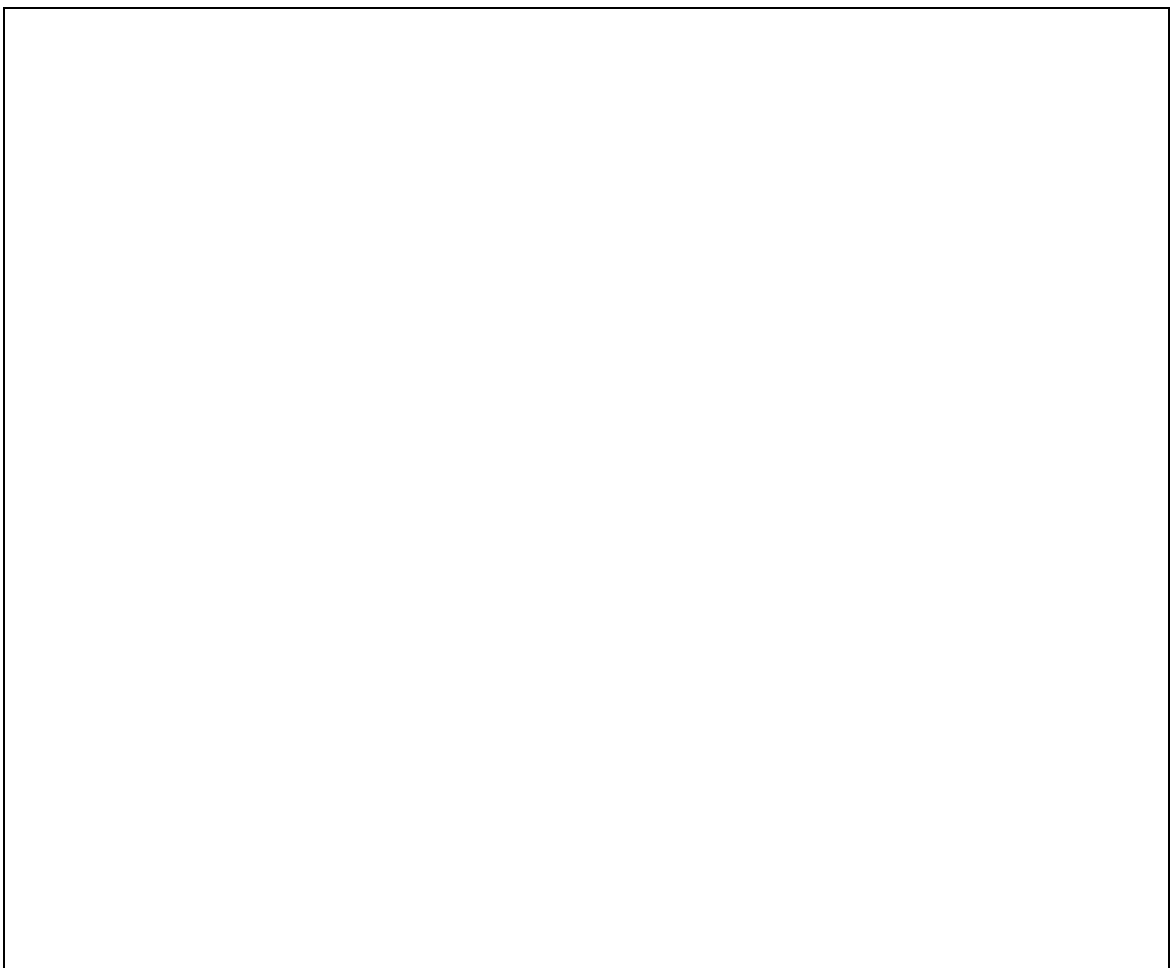
Kysymyksiä opiskelumotivaatiosta

	Ei lainkaan	Ei juurikaan	Jonkin verran	Paljon	Erittäin paljon
Ennen kurssia olin kiinnostunut kemiasta					
Kemian tehtävät kannustavat minua opiskelemaan kemiaa					
Kurssin opettaja lisäsi mielenkiintoani opiskella kemiaa					
Kurssilla tehdyt demonstraatiot innostivat minua opiskelemaan kemiaa					
Kurssin laboratoriotyöt lisäsivät mielenkiintoani opiskella kemiaa					
Olen kiinnostunut jatkamaan kemian opiskelua					

Tekisitkö mieluummin laboratoriotöitä vai seuraisitko opettajan tekemiä demonstraatioita? Perustele lyhyesti.



Vapaa sana. Anna palautetta mistä tahansa kurssiin liittyvästä asiasta. Kirjoita tai piirrä kuva.

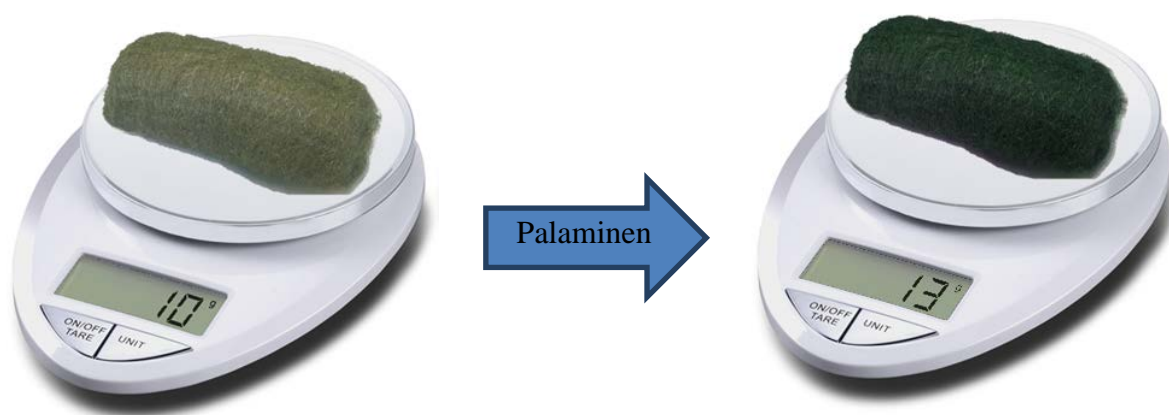


Kiitos vastaamisesta!

Kokeellinen tehtävä

Nimi:

Opettaja haluaa demonstroida rautavillan palamista opiskelijoilleen. Ensimmäisessä kuvassa on rautavilla vaa'an päällä ennen palamista ja toisessa kuvassa palamisen jälkeen.



- a) Mitä havaintoja voit tehdä opettajan tekemästä kokeesta? 2p
b) Selitä kemialliset syyt havainnoillesi. 2p
