

Kokeellisen työskentelyn kriteeriperustainen arviointi kemiassa

Aija Ahtineva

Opettajankoulutuslaitos, Turun yliopisto • aija.ahtineva@utu.fi

Tiivistelmä Luonnontieteellisen ajattelun periaatteiden mukaan kokeellisuus on kemian opetuksen keskeinen lähtökohta. Johdannossa esitetään lyhyesti nykyisen ja lausunnolla olleen perusopetuksen ja nykyisen lukion kemian opetussuunnitelmien kokeellista työskentelyä ja sen arviointia koskevaa aluetta. Saadakseen oppimisen kannalta opetussuunnitelman ja luonnontieteellisen ajattelun asettaman merkityksen ja arvostuksen, oppilaiden kokeellista työskentelyä pitää monipuolisesti ja kannustavasti ryhtyä arvioimaan. Toisessa luvussa tarkastellaan kokeellista työskentelyä oppimismenetelmänä. Usein tutkimuksissakin on esitetty, että kokeellista työskentelyä ”harrastetaan” oppitunnin piristämiseksi, motivaation herättäjäksi eikä niinkään harkitusti jonkun asian tavoitteellista oppimista varten. Vasta 2000-luvulla on alettu systemaattisesti tutkia, mitä kokeellisessa tehtävässä voidaan oppia. Tässä artikkelissa esitellään kaksi erillistä tutkimusta. Abrahams et. al. (2008 ja 2012) on tutkinut kokeellisia tehtäviä luonnontieteiden oppitunneilla ja tehnyt oppimisen tasoista nelikenttäanalyysin. Toinen tässä esiteltävä tutkimus (Lewthwaite 2014) käsittelee opettajien kokeellisten tehtävien tyyppivalintoja ja valinnan perusteluja. Kummassakin tutkimuksessa korostetaan arvioinnin tärkeyttä oppimisen edistäjänä. Lopuksi tässä artikkelissa esitetään peruskoulun ja lukion kemian opetukseen sopivia tavoitteiltaan eteneviä kokeellisen työskentelyn tehtäviä ja arviointimalleja. Kokeellisen työskentelyn tehtäväsimerkkien lähtökohtina ja perusteluina käytetään nelikenttäanalyysin tuloksena syntyneitä oppimistasoja ja kokeellisen työskentelyn kolmiportaista tavoitehierarkiaa (Doran et. al 2002).

1 Johdanto

Perusopetuksen 2004 ja myös kehitteillä olevassa 2016 opetussuunnitelmassa oppilaan arviointi jaetaan opintojen aikaiseen arviointiin ja päättöarviointiin. Opintojen aikaisen arvioinnin periaatteita on useita: arvioinnin tulee olla yksilöllistä, totuudenmukaista, jatkuvaa, tavoitteellista, kannustavaa ja arvioinnin tulee perustua monipuoliseen näyttöön. Oppilaan edistymistä, työskentelyä ja käyttäytymistä arvioidaan suhteessa opetussuunnitelman tavoitteisiin ja kuvauksiin oppilaan hyvästä osaamisesta. Sekä peruskoulun että lukion kemian opetussuunnitelmissa korostetaan kokeellisuutta opetuksessa. Kokeellisuus on osa luonnontieteellistä ajattelua, joka sisältää mm. havaintojen ja muistiinpanojen tekemistä, kokeiden ja tutkimusten suunnittelua ja toteuttamista, keskustelua ja pohdintaa, havaintojen esittämistä, tulkitsemista ja mallintamista, tiedonkäsittelyä, johtopäätösten tekoa (induktiivinen lähestymistapa), teorian koettelua ja todentamista erilaisin keinoin (deduktiivinen lähestymistapa) ja myös tiedon kriittistä arviointia. Oppilaalla on oikeus saada palautetta oppimisestaan ja edistymisestään taitojen, myös kokeellisen työskentelyn taitojen osalta. On siis perusteltua ja oppilaan kannalta oikeudenmukaista, että myös kokeellisen työskentelyn tavoitteet ovat kriteereinä perusopetuksen kemian osaamisen arvioinnissa.

Nykyisen lukion opetussuunnitelman mukaan kemian opetukselle on luonteenomaista kemiallisten ilmiöiden ja aineiden ominaisuuksien havaitseminen ja tutkiminen kokeellisesti. Monipuolisin työtavoin ja arviointimenetelmin opiskelijoita ohjataan kemian tietojen ja taitojen sekä persoonallisuuden kaikkien osa-alueiden kehittämiseen. Opetussuunnitelman mukaan lukion kemiassa arvioinnin kohteena on kemiallisen tiedon ymmärtäminen sekä soveltamisen taito. ”Arvioinnissa tulee lisäksi ottaa huomioon kokeellisen tiedonhankinnan ja -käsittelytaitojen kehittyminen, johon kuuluvat

- havaintojen tekeminen, mittausten ja kokeiden suunnittelu ja toteutus
- työvälineiden ja reagenssien turvallinen käyttö
- tulosten esittäminen sekä suullisesti että kirjallisesti
- tulosten tulkitseminen, mallintaminen ja arviointi
- johtopäätösten tekeminen ja soveltaminen.

Kemiassa arvioinnin menetelminä käytetään kurssikokeita, osallistumisaktiivisuuden seuranta, kokeellista työskentelyä, työselostuksia, projektitöitä, esitelmiä tai tutkielmia”.

Näin myös lukion kemian opetussuunnitelma on velvoittanut opettajia ottamaan kokeellisen työskentelyn yhdeksi arvioinnin kohteeksi. Todellisuudessa ja koulun arjessa kuitenkin kokeellisen työskentelyn arviointi ei ole saanut vakiintunutta asemaa ja merkitystä opetuksessa eikä oppimisessa, ei myöskään opiskelijoiden kemian arvosanoissa.

Miksi kokeellista työskentelyä ei ole systemaattisesti arvioitu? Voi olla, että aina ei ole riittävän selkeäksi mietitty, että kokeellisellakin työskentelyllä on aina oppimistavoite: aluksi pieni ja yksinkertainen ja osaamisen karttuessa laajempi ja vaativampi. Kokeellisessa työskentelyssä ja myös työskentelyn arvioinnissa on hyvä edetä pienin askelin yhdeltä tavoitetasolta seuraavalle. Ensimmäisessä vaiheessa tavoitteena on esimerkiksi oppia tuntemaan kemian töissä tarvittavat aineet, välineet ja laitteet sekä työskentelemään kaikkien aineiden ja välineiden kanssa turvallisesti. Toisessa vaiheessa voidaan harjoitella kemian työmenetelmiä ja viimein havaintojen ja mittausten tekemistä ja niiden avulla johtopäätösten ja mahdollisesti myös virhetarkastelun tekemistä. Lukion kemiassa kokeellisen työskentelyn tavoitteena voi viimein olla omakohtaisesti suunniteltu, toteutettu ja raportoitu avoin tutkimus.

2 Kokeellinen työskentely oppimismenetelmänä

Tutkimuksissa on jo jonkun aikaa pohdittu kokeellisen työskentelyn tehokkuutta oppimismenetelmänä. Opettajan asettamat oppimistavoitteet eivät ole yhtenevät sen kanssa, mitä oppilaat oppivat, ei myöskään kokeellisessa työskentelyssä. On todettu että oppiminen kokeellisessa työskentelyssä (Practical Work) on vaikea ja laaja tutkimuskohde. Koska kokeellinen tehtävä linkittää havaintojen (observables) ja käsitteiden (ideas) alueet toisiinsa, oppimisen tehokkuutta voidaan tarkastella kokeellisten esimerkkitehtävien avulla. Esimerkiksi Abrahams & Millar (2008) ja Abrahams & Reiss (2012) tutkivat ja analysoivat kokeellista työskentelyä sisältäviä 11–16 -vuotiaille pidettyjä kemian, fysiikan ja biologian oppitunteja Englannissa. Tutkimusmenetelmänä käytettiin havainnointia ja sekä

opettajien että oppilaiden nauhoitettuja haastatteluja. Kemian oppituntien aiheita olivat mm. kemiallisen reaktion tunnistaminen, hiekan ja pippurin sekä raudan, suolan ja hiekan erottaminen, värien hajottaminen kromatografisesti, neutraloitumisreaktio ja elektrolyysi. Kokeellisten oppituntien oppimistehokkuutta arvioitiin nelikenttämatriisin avulla (taulukko 1).

Taulukko 1 Kokeellisen tehtävän oppimisen tehokkuuden arviointimatriisi (Abrahams & Millar 2008; Abrahams & Reiss 2012)

Oppimisen tehokkuus	Havaittavissa olevat, konkreetit kohteet (Domain of observables)	Käsitteet (Domain of ideas)
Taso (tekeminen)	<p>Oppilas osaa koota ja käyttää välineitä sekä kerätä tuloksia opettajan ohjeiden mukaan.</p> <p><i>Esimerkiksi kromatografiatehtävässä:</i></p> <p>Oppilas osaa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rakentaa laitteiston ohjeen mukaan. • havaita, miten väriainepisara leviää ja liikkuu suodatinpaperilla nesteen mukana. 	<p>Oppilas osaa tehtävän teossa käyttää tieteellistä sanastoa ja yhdistää tehtävän opettajan tarkoittamaan käsitteeseen.</p> <p><i>Esimerkiksi kromatografiatehtävässä:</i></p> <p>Oppilas osaa ilmaista, että:</p> <ul style="list-style-type: none"> • väriaineet liikkuvat paperilla eri nopeuksilla. • eri näytepisteissä on useita eri aineita. • väriaineet ovat seoksia.
Taso (oppiminen)	<p>Oppilas osaa palauttaa mieleensä tehtävän ja kuvailla, miten ja millä välineillä havainnot tehtiin ja tulokset kerättiin. Oppilas osaa toistaa kokeen myöhemmin.</p> <p><i>Esimerkiksi kromatografiatehtävässä:</i></p> <p>Oppilas osaa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • pystyttää kromatografialaitteiston. • selittää, että eri värit ovat seoksia, jotka voidaan jakaa komponentteihinsa tällä menetelmällä. • selittää, että väriaine voidaan tunnistaa tällä menetelmällä. 	<p>Oppilas osaa soveltaa käsitteeseen liittyvää tietoa uudessa tilanteessa ja osaa yhdistää oman tutkimuksensa opettajan tavoittelemaan tieteelliseen teoriaan.</p> <p><i>Esimerkiksi kromatografiatehtävässä:</i></p> <p>Oppilas osaa selittää, että:</p> <ul style="list-style-type: none"> • eri aineet liikkuvat kromatografialaitteessa (kolonnissa) eri nopeuksilla. • tällä menetelmällä voidaan tutkia, onko näyteaineessa useita komponentteja. • kromatografiaa voidaan käyttää erotusmenetelmänä. • vertaamalla tuntemattoman näytteen kromatogrammia tunnettujen näytteiden vastaavaan, saadaan selville sisältävätkö näytteet samoja aineita.

Tuloksena tutkimuksissa (Abrahams et. al 2008; 2012) havaittiin, että opettajat tavoittelivat kokeellisella työskentelyllä pääasiassa tieteellisen tiedon lisäämistä ja vain vähäisessä määrin tutkimusmenetelmän ymmärtämistä. Oppimisen tehokkuuden näkökulmasta katsoen oppilaiden oppiminen jäi usein tekemisen tasolle, kun esimerkiksi saadun tiedon sovellettavuuteen oppitunneilla ei tutkijoiden mukaan käytetty syvällisen oppimisen ja ymmärtämisen kannalta riittävästi aikaa. Vaikka opettajien asettamat oppimistavoitteet kokeellisissa tehtävissä haastattelujen mukaan olivat huolellisesti suunniteltuja, esimerkiksi reseptinomaiset kokeelliset tehtävät eivät auttaneet oppilaita pääsemään tehokkuuden arviointimatriisissa käsitteiden oppimisen tasolle. Tutkijat toteavat, että oppilaat tarvitsevat kokeellisessa työssä paljon enemmän ohjausta käsitteiden käyttöön ja pohdintaan, miksi koe tehtiin, mihin tieteelliseen teoriaan tehtävä liittyy ja millaisia yleisiä päätelmiä kokeesta voi tehdä ("hands-on" and "minds-on").

Voidaan sanoa, että kokeellisen työskentelyn tavoite on tehtävästä riippuvainen ja päinvastoin. Opettaja valitsee kokeellisen tehtävän tavoitteen mukaan. Tehtävä voi olla reseptinomainen, jos harjoitellaan jotain tiettyä rajoitettua taitoa tai opitaan tuntemaan esimerkiksi välineitä ja laitteiden käyttöä. Tehtävä on silloin yleensä melko suljettu. Opettaja voi tavoitella avoimena annettuna kokeellisen tehtävän avulla tutkimuksen tekemisen eri vaiheiden ymmärtämistä tai sitä, että oppilas osaa yhdistää oman tutkimuksensa tieteelliseen teoriaan. Hyväksi todettu käsittelytapa kokeellisissa tehtävissä on myös "ennusta-havaitse-selitä" toteutusmalli (esim. White & Gunstone 1992). Tällä menetelmällä on selkeä yhteys aikaisemmin mainittuun "hands-on" and "minds-on" malliin.

Kemian oppimista on kuvattu myös tetraedrilla (Mahaffy P. 2006), jossa on neljä ulottuvuutta: makroskooppinen, mikroskooppinen, symbolinen ja "inhimillinen" (human element). Lyhyesti kuvaten makroskooppisella tasolla tarkoitetaan kokeellista tasoa, mikroskooppisella molekyylitasoa, symbolisella kemian merkkikieltä ja laskuja. Neljännellä ulottuvuudella tarkoitetaan yhteyttä ihmisen arkeen, esimerkiksi happojen käsittelemisen yhteydessä vatsalaukun ja veren pH otetaan mukaan oppiaiheen käsittelyyn. Oppimisen korkeimmalle tasolle päästäkseen, olisi hyvä lähestyä opiskeltavaa aihetta aina näistä kaikista ulottuvuuksista käsin.

Lewthwaite (2014) tutki opettajille suunnatun kyselyn avulla, minkä ja miksi opettajat olivat valinneet kokeelliseksi työmuodoksi opettajan demonstraation, oppilastyön (experiment) tai tutkimustehtävän (investigation). Viiden vuoden seuranta-ajalla opettajat valitsivat kemian oppitunnille useimmiten oppilastyön, seuraavaksi useammin demonstraation ja vain harvoin oppilaiden tutkimustehtävän. Opettajien perustelut jaettiin tässä tutkimuksessa kolmeen luokkaan tarvittavien välineiden ja järjestelyjen (pragmatic reasons), luonnontieteellisen prosessin (philosophical reasons) ja kemian oppimisen mukaan (psychological reasons). Tulosten perusteella opettajat valitsivat kokeelliseksi tehtäväksi useimmiten oppilastyön ja sen perusteluksi luonnontieteellisen prosessin

kuvaaminen. Loppupäätelmänä tässä artikkelissa todettiin, että tärkeintä olisi käyttää kaikkia mahdollisia kokeellisen työskentelyn muotoja yhdessä oppilaiden kanssa keskustellen ja merkittävästi enemmän oppilaita eri tasoilla arvioiden. Oppimistavoitteen saavuttamista pitää siten myös Lewthwaiten mukaan kokeellisessa työskentelyssä seurata arvioinnin avulla.

3 Kokeellisen työskentelyn tavoitteet ja oppiminen

3.1 Kokeellisen työskentelyn perusteet

Arviointi perustuu asetettuihin oppimistavoitteisiin. Koska kokeellisen työskentelyn tavoitteet muuttuvat ja kohoavat osaamisen karttuessa, myös kokeellisen työskentelyn arvioinnin voidaan ajatella rakentuvan hierarkkisesti (Doran, Chan, Tamir & Lenhardt, 2002; Ahtineva, 2004). Kokeellisen työskentelyn perustavoitteina voidaan pitää laboratorioturvallisuuden ja -välineiden tuntemista, yksinkertaisten laitteiden ja menetelmien käyttöä sekä yleisimpien kemiallisten merkkien ja yhdisteiden tuntemista. On mahdollista laatia ja antaa oppilaille suoritettavaksi ensimmäisellä kemian oppijaksolla ns. laboratorioajokortti (lab licence), joka pitää sisällään kokeellisen työskentelyn edellä mainitut perusteet. Ajokortin suorittaminen voidaan hyvin aloittaa jo alakoulun puolella. Esimerkkilaboratoriokorttia (Liite 1) varten voidaan harjoitella kyseisiä kohtia oppilaiden kanssa usean oppitunnin aikana erilaisin menetelmin. Tässä yksinkertaiset ”hands-on” aktiviteetit (esimerkiksi menetelmät pipetoida, suodattaa jne.) ja erilaiset tunnistamistason tehtävät (esimerkiksi välineet ja kemialliset merkit) ovat perusteltuja. Oppimisen tehokkuuden arviointimatriisissa ollaan konkreettien kohteiden ensimmäisellä, tekemisen tasolla.

Laboratorioajokortin voi ainakin osittain korvata myös oppilaan omalla arvioinnilla. Opettajan laatimassa lomakkeessa (Liite 2) voi olla arvioitavina kohteina yleiset työskentelytaidot, työturvallisuus ja siisteys. Myös taitotehtävää, työn suoritusta ja tulosten tulkinnan ja päätelmien tekoa, voi oppilas arvioida itse. On tietysti myös mahdollista, että oppilaat tekevät itse itselleen arviointilomakkeen opettajan ohjaamana. Liitteenä olevan esimerkkilomakkeen täyttämiseen tarvitaan useita erilaisia kokeellisen työskentelyn oppitunteja ja erilaisia myös ”hands-on” *and* ”minds-on” tehtäviä. Tutkimustehtäväharjoittelun avulla oppimisen arviointimatriisissa voidaan päästä myös konkreettien kohteiden toiselle tasolle.

3.2 Taitotavoitteilla konkreettien kohteiden oppimisen tasolle

Seuraavalla tavoitetasolla kiinnitetään huomio erityisesti erilaisiin työskentelytaitoihin (skills tasks). Taitotehtävien tavoitteena voi olla turvallinen työskentely, havaintojen ja mittausten tekemisen taito, ohjeen mukaan työskentely yksin ja ryhmässä sekä tulosten esittäminen eri muodoissaan. Yhdelle työkerralle ei kannata asettaa kerralla monta tavoitetta.

Taitotason tehtävät voivat olla reseptinomaisia ja suljettuja oppilastöitä. Esimerkiksi oppilasparin reseptinomaisessa saippuan valmistustehtävässä arviointikriteereinä voivat olla:

1. Välineiden (mittalasi, keitinlasi, lasisauva, lusikka, kuumennusvälineet) ja aineiden (risiiniöljy, natriumhydroksidi, natriumkloridi, elintarvikeväri) tunteminen.
2. Työturvallisuus valmistusmenetelmässä (suojalasit ja -käsineet, natriumhydroksidin syövyttävyys, kuohumisvaara)
3. Vuorovaikutustaidot ja yhdessä toimiminen.

Ensimmäisen osa-alueen arvioinnissa opettaja voi antaa ”pisteitä” oppilaan tai oppilasparin työskentelylle esimerkiksi seuraavasti: ei tunne välineitä, ei uskalla käyttää kemikaaleja (0-1 p), epävarma välineiden ja reagenssien käytössä (2 p), varmat, asialliset otteet, tunnistaa välineet ja reagenssit (3 p). Toisessa osa-alueessa esimerkiksi seuraavasti: tarvitsee ohjausta oikeiden turvavarusteiden ja aineiden käytössä (0-1 p), epävarmaa ja huolimattomaa työskentelyä (2 p), siistiä, huolellista ja varmaa työskentelyä (3 p). Kolmannessa osa-alueessa pisteitä voi antaa esimerkiksi seuraavin perustein: ei keskustelua parin kanssa, yhteistyö ei suju (0-1 p), on keskustelua, mutta parin huomioon ottaminen puutteellista (2 p), on keskustelua, yhteinen työskentely sujuvaa (3 p).

Oppilaat voivat myös itse arvioida omaa työskentelyään tai myös työpari voi sen tehdä. Laboratoriotyöskentelystä voi pitää päiväkirjaa jne., arvioinnin tapoja on paljon erilaisia.

Oppimisen tehokkuuden arviointimatriisissa taitotehtävillä päästään konkreettien kohteiden toiselle tasolle ja mahdollisesti myös käsitteiden alueella oppimisen ensimmäiselle eli tekemisen tasolle.

3.3 Tutkimustavoitteilla käsitteiden oppimisen tasolle

Korkeimmalle tavoitetasolle asettuvat oppilaiden tutkimustehtävät (investigations). Tällä tasolla tavoitellaan sitä, että oppilaat osaavat suunnitella kokeen ja koejärjestelyt jostain annetusta tehtävästä, osaavat toteuttaa kokeen ja esittää tulokset mahdollisesti usealla eri tavalla sekä tulkita ja arvioida tuloksia kriittisesti. Tutkimustehtävät ovat niitä, joita opettajat Lewthwaiten (2014) tutkimuksessa vain harvoin valitsivat. Oppimisen tehokkuuden arviointimatriisissa tutkimustehtävillä on mahdollista päästä käsitteiden alueella oppimisen toiselle tasolle, joten niitä olisi hyvä aika ajoin valita.

Peruskoulussa tutkimustehtävänä voisi olla esimerkiksi tehtävä, jossa pitää suunnitella ja toteuttaa menetelmä, jonka avulla hienojakoisen suolan voi saada talteen hiekan seasta. Tässä tehtävässä arviointikriteereinä voivat olla:

1. Tutkimussuunnitelma, josta selviää miten ja millä perusteella erottamisen voi tehdä, mitkä välineet menetelmässä tarvitaan.
2. Työn toteutus (työvaiheet, välineiden tunteminen ja käyttö)
3. Lopputuloksen esittäminen opettajalle

Tässä tehtävässä voi hyvin toimia niin, että oppilaan (tai oppilasparin) pitää ensin hyväksyttää tutkimussuunnitelma opettajalla. Kun suunnitelma on toimiva (pisteitä 1-3), pääsee aloittamaan eli keräämään välineitä jne. Itse työn suorituksesta voi myös antaa useita pisteitä (välineet oikeat, sekoittaminen veteen, suodatinpaperin taitto suppiloon, suodatus, suodoksen haihduttaminen kuiviin haihdutusmaljassa jne.). Lopputuloksestakin voi antaa pisteitä esimerkiksi suolan ja hiekan puhtauden ja määrän perusteella.

Lukion kemiassa tutkimustehtävänä voi olla esimerkiksi tehtävä, jossa pitää suunnitella ja toteuttaa koejärjestelyt, joilla saa selville kaupassa myytävän etikan happokonsentraation. Tästä tutkimuksesta voisi myös kirjoittaa tutkimusraportin virhetarkasteluineen. Tässä tehtävässä suunnittelun pistekohtia ovat metodin (happoemästitys) valinta, välineiden ja kemikaalien tunteminen, toteutuksessa arviointikriteereinä voivat olla pipetointi titrausastiaan, titraus, päätepisteen havainnointi, laskut, rinnakkaismääritys jne. Tulosten esittäminen raporttina helpottaa arviointia, sillä raportissa voidaan vaatia esittämään myös edellä mainittuja suunnittelun ja suorittamisen kohtia loppupäätelmien ja virhetarkastelun lisäksi. Laboratorioraportin arviointiin voi kehittää tehtäväkohtaisen kriteeristön. Tässä esimerkkitapauksessa ne voisivat olla seuraavia:

1. Tutkimusongelman muotoilu (0-3 p)
2. Hypoteesin muotoilu ja perustelu (0-2 p)
3. metodi, välineet ja kemikaalit, toistettavuus, rinnakkaismääritys (0-4 p)
4. Tulokset; selkeys, luettavuus, taulukot, kuvaajat, muuttujien valinta,... (0-4 p)
5. Päätelmät, virhetarkastelu, mahdollinen vertaaminen hypoteesiin,... (0-4 p)

Raportista voi tietenkin myös antaa yleisarvosanan em. kriteerien pohjalta ja arvosanaan voi vaikuttaa myös raportin ulkoasu, siisteys ym. seikat.

Sekä peruskoulussa että lukiossa tutkimustehtävä voi olla myös ns. kirjallisuuteen perustuva. Tiedon lähteitä on tarjolla valtava määrä sanomalehtien, television, internetin ym. lisäksi aina tieteellisiin tutkimusartikkeleihin. Voi olla kiinnostavaa tutkia oppilaiden kanssa esimerkiksi johonkin ajankohtaiseen tapahtumaan liittyvää kemiaa. Mitä kaikkea siitä voi saada irti ja miten monella eri tavalla asiaa voidaan luokassa käsitellä, ehkäpä myös kokeellisten tehtävien avulla.

4 Lopuksi

Kokeellisen työskentelyn arviointi etenee luokassa pienin askelin ja on selvää, että joka vaihetta pitää oppilaiden kanssa harjoitella vaihe vaiheelta. Tavoite valitaan omaan luokkaan sopivaksi, opiskeltava aihe taas antaa idean konkreettiselle tehtävälle. Opettajalla on valinnanvapaus, mutta joskus on hyvä ottaa oppilaat mukaan kokeellisen tehtävän suunnitteluun ja arviointikriteerien valintaan. Ja kun kokeellisen tehtävän arviointi huomioidaan oppilaan kemian osaamisen kokonaisarvioinnissa, saa kokeellisuuden arviointi opetussuunnitelman sille asettaman arvon.

Lähteet

- Abrahams I. & Millar R. 2008. Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Abrahams I. & Reiss M. 2012. Practical work: its effectiveness in primary and secondary schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(8), 1035-1055.
- Ahtineva, A. 2004. Laboratory assessment in chemistry education. Teoksessa Laine, A., Lavonen, J., & Meisalo, V. (Eds.) *Current research on mathematics and science education, Department of Applied Sciences of Education, University of Helsinki. Research Report 253* (pp. 251–264).
- Doran, R., Chan F., Tamir P. & Lenhardt C. (2002). *Science Educator's Guide to Laboratory Assessment*. Arlington, Virginia: National Science Teachers Association (NSTA press).
- Lewthwaite B. 2014. Thinking about practical work in chemistry: teachers' considerations of selected practices for the macroscopic experience. *Chemistry Education Research and Practice* 2014, 15, 35–46.
- Mahaffy P. 2006. Moving chemistry education into the 3D: A tetrahedral metaphor for understanding chemistry. *Journal of Chemistry Education*, 83(1), 49–55.
- White R. & Gunstone R., 1992. *Probing understanding*. London: Falmer Press.

LIITE 1: LABORATORIOAJOKORTTI

NIMI _____ LK _____

1. Löydän laboratorion tarvittaessa

- a) työtakin _____ b) suojakäsineet _____ c) suojalasit _____
 d) kemikaalin käyttöturvatieotteen _____

2. Osaan sytyttää ja sammuttaa kaasupolttimon oikein _____

3. Tunnistan ja löydän tarvittaessa seuraavat välineet

- | | | |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| a) koeputki _____ | b) mittalasi _____ | c) mittapipetti _____ |
| d) suodatinsuppilo _____ | e) haihdutusmalja _____ | f) keittopullo _____ |
| g) keitinlasi _____ | h) kellolasi _____ | i) kennolevy _____ |
| j) petrimalja _____ | k) pH-paperi _____ | l) suodatinpaperi _____ |

4. Osaan opettajan ohjeen mukaan

- | | | |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------|
| a) pipetoida _____ | b) liuottaa _____ | c) uuttaa _____ |
| d) suodattaa _____ | e) käyttää vaakaa _____ | f) käyttää pH-paperia _____ |

5. Osaan kirjoittaa seuraavien alkuaineiden kemialliset merkit

- | | | |
|-----------------|-----------------|------------------|
| a) happi _____ | b) vety _____ | c) hiili _____ |
| d) rauta _____ | e) kupari _____ | f) natrium _____ |
| g) kloori _____ | h) typpi _____ | i) rikki _____ |

6. Osaan nimetä seuraavat yhdisteet

- | | |
|---------------------------|---|
| a) H ₂ O _____ | b) O ₂ _____ |
| c) CO ₂ _____ | d) H ₂ _____ |
| e) HCl _____ | f) H ₂ SO ₄ _____ |
| g) NaOH _____ | h) NaCl _____ |

LIITE 1: LABORATORIOAJOKORTTI

Arvioi omaa suoritustasi kokeellisessa työssä antamalla itsellesi jokaiseen väittämään kouluarvosana 4-10. Arvosana 4 tarkoittaa, että et toimi lainkaan väitteen mukaisesti. Arvosana 10 tarkoittaa, että toimit täysin väitteen mukaisesti.

ARVIOITAVAT ASIAT	ARVOSANA
Yleinen työskentely	
Osaan työskennellä ryhmässä, otan huomioon parini/ryhmäni jäsenet ja annan myös heidän tehdä kokeita.	
Osaan työskennellä itsenäisesti, löydän itse tarvittavat välineet ja astiat sekä pystyn omatoimisesti etenemään työssä.	
Autan tarvittaessa muita.	
Annan muille työrauhan.	
Työturvallisuus	
Käytän tarvittavaa ja riittävää suojavarustusta; takkia, hanskoja, suojalaseja ja pidän hiukset kiinni / takin sisällä.	
Osaan turvallisesti ja asianmukaisesti sytyttää ja sammuttaa kaasupolttimen. Laitan käyttämäni tulitikut niille varattuun astiaan.	
Osaan käsitellä happoja, emäksiä ja muita aineita annettujen ohjeiden mukaan.	
Siisteys ja huolellisuus	
Tiskaan astiat huolella ja laitan ne kuivumaan.	
Vien työn loputtua kaikki käyttämäni välineet ja kemikaalit takaisin omille paikoilleen.	
Pidän työpöytäni erittäin siistinä työn aikana.	
Työn suoritus	
Työn aikana asetan käyttämäni pipetit, lasisauvat, lusikat ja muut vastaavat paperin päälle pöydälle odottamaan.	
Tunnistan käytettävät työvälineet ja osaan koota tarkoituksenmukaisen laitteiston (esim. kaasunkeräyslaitteisto)	
Osaan käsitellä ja käyttää välineitä ja mittalaitteita oikein.	
Teen työn aikana huolella erilaisia havaintoja (en ainoastaan havaitse	

lopputulosta) ja kirjaan ne muistiin.	
Tulokset, niiden tulkinta ja päätelmät	
Osaan tarvittaessa tehdä havainnoista ja mittaustuloksista taulukkoja, diagrammeja tai kuvaajia.	
Osaan tulkita havaintoja ja mittaustuloksia.	
Osaan tehdä johtopäätöksiä havainnoista ja mittaustuloksista.	
Osaan arvioida tulosten luotettavuutta ja tarkkuutta.	

Muita kommentteja:
