

Kokonaisvaltainen arviointi tarjoaa mahdollisuuden oivaltamiseen ja onnistumiseen kemian opiskelussa

Päivi Ojala

Kalajoen lukio, apulaisrehtori

Abstrakti Kokeellisuus alkoi yleistyä niin alaluokilla kuin lukioissakin meneillään olevan opetussuunnitelman aikana. Yläluokilla kokeellisuus kemiassa ja fysiikassa oli alkanut jo aikaisemmin. Keskeisimpinä asioina kokeellisuuden yleistymisen myötä ovat nousseet esille kokeellisuuden järjestäminen, työturvallisuus ja kokeellisuuden arviointi. Kokeellisuus onkin huomioitu kemian arvioinnissa monella eri tavalla, esimerkiksi kirjallisiin koetehtäviin on lisätty kokeellinen tehtävä. Tässä artikkelissa keskitytään kurssin kokonaisvaltaiseen arviointiin. Arviointimenetelmä antaa onnistumismahdollisuuden myös niille, jotka osaavat käytännön töillä ja kädentaidoillaan esittää aktiivisuuttaan ja osaamistaan.

1 Taustaa

”Kemian opetuksen tarkoituksena on tukea luonnontieteellisen ajattelun ja nykyaikaisen maailmankuvan kehittymistä osana monipuolista yleissivistystä. Yleisenä tavoitteena on auttaa näkemään kemia eräänä perusluonnontieteenä sekä ymmärtämään kemiallisen tiedon merkitys ihmisen ja luonnon vuorovaikutuksen selittäjänä.

Tavoitteena on, että opiskelija ymmärtää kemian keskeisimmät peruskäsitteet, tuntee erilaisia elämälle välttämättömiä aineita ja kemiallisia reaktioita osaa kokeellisen työskentelyn ja muun aktiivisen tiedonhankinnan avulla etsiä tietoa elämän ja ympäristön kannalta tärkeitä ilmiöistä ja aineiden ominaisuuksista, osaa tulkita ja arvioida kokeellisesti hankittua tietoa ja sen luotettavuutta ja saa kokemuksia, jotka herättävät ja syventävät kiinnostusta kemiaa ja sen opiskelua kohtaan”

(Opetushallitus 2003)

Perustelut kokeellisuuden toteuttamiseen lukiossa tulee lukion kemian opetussuunnitelman perusteissa, joissa kuvataan kemian opiskelun tavoite. Näihin tavoitteisiin kokeellisuus liittyy keskeisenä osana ja siihen tähdätään koko perusopetuksen ajan. Tarkoituksena kokeellisuudessa on nimenomaan opiskelijoiden valmiuksien lisääminen keskeisten kemian ilmiöiden tutkimiseen myös omatoimisesti sekä niiden ymmärtämisen syventämiseen aktiivisen toiminnan kautta.

2 Kokeellisuus perustuu havaitsemiseen ja tulkitsemiseen

Kokeellisuus lähtee havainnoista. Ilmiöiden havaintoa ja tulkintaa on kehitetty koko peruskoulun ajan. Ilmiöitä voidaan käytännössä havainnollistaa ja selvittää erilaisten kokeiden avulla. Lukiossa kokeellisuus on hyvä aloittaa testaamalla havainnollisuus joidenkin sopivien pienten kokeiden avulla. Tämän jälkeen voidaankin keskittyä tarkempaan ilmiön tulkitsemiseen. Jos emme osaa havaita ilmiötä ja tulkita sitä, miten osaisimme ymmärtää ilmiöön liittyvää kemiaa?

Havainto on tosiasian toteamista ja se perustuu näkö-, tunto-, haju-, kuulo- ja makuaistien havaittavaan tietoon. Tällöin tärkeää olisi saada opiskelijat huomaamaan, mitä kokeessa tapahtuu ja mitä he näkevät. Havainnot on myös osattava selittää tulkitsemalla. Tällä tavalla opiskelijat kiinnostuvat havainnoimaan ympäristöä ja alkavat pohtia vähän tarkemmin erilaisia ilmiöitä.

Monia kemiallisia ilmiöitä ei voi havaita ilman mittalaitteita. Opettajan tekemien demonstraatioiden lisäksi olisi syytä järjestää opiskelijoille mahdollisuus tehdä itse kokeita. Jos perusopetusryhmät ovat suuria, eikä yksilöllistä työtilaa voida järjestää, voidaan järjestää pienempiä ryhmiä, joissa tehdään tietyt työt. Pienemmissä ryhmissä voidaan tehdä kaikissa samoja töitä tai voidaan järjestää jokaiselle ryhmälle eri työt, joita ryhmät esittelevät ja selvittävät muulle luokalle. Tällöin esimerkiksi välineet riittävät ja usein ahtaissa tiloissa voidaan työskennellä turvallisemmin.

Kemiallisen reaktion havaitseminen ja tulkitseminen (Kaila ym. 2009)

Kemian, kuten kaikkien kokeellisten luonnontieteiden, keskeinen tiedonhankintatapa on havaintojen tekeminen tutkittavasta ilmiöstä. Tässä työssä havainnoinnin ja tulkitsemisen kohteena on kemiallinen reaktio. **Havainto** on tosiasian toteamista: se perustuu näkö-, tunto-, haju-, kuulo- ja makuaistein havaittavaan tietoon. **Tulkinta** on havaintojen selittämistä. Monia kemiallisia ilmiöitä ei voi havaita ilman mittalaitteita.

Kirjaa työpisteessä muistiin kaikki värin, olomuodon, lämpötilan jne. muutokset, joita kemiallisen reaktion aikana tapahtuu. Esitä myös tulkintojasi ja mieti, mitä sanoja (käsitteitä) kemiassa käytetään havaitsemiesi ilmiöiden kuvaamiseen.

Työ A

1. Ota koeputkeen noin 2 cm kylläistä bariumhydroksidiliuosta $\text{Ba}(\text{OH})_2(\text{aq})$.
2. Puhalla pillillä varovasti uloshengitysilmaa liuokseen. Käytä ehdottomasti suojalaseja, sillä liuos on syövyttävää.

Työ B

1. Pane upokkaaseen noin viisi pisaraa 1 M ammoniumkloridiliuosta $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq})$.
2. Tiputa niiden päälle noin kymmenen pisaraa 1 M natriumhydroksidiliuosta $\text{NaOH}(\text{aq})$.
3. Haista reaktioseosta varovasti.

Työ C

1. Ota koeputkeen noin 2 cm 0,1 M kaliumtiosyanaattiliuosta $\text{KSCN}(\text{aq})$.
2. Tiputa joukkoon 0,1 M rautatrikloridiliuosta $\text{FeCl}_3(\text{aq})$ yksi pisara kerrallaan. Sekoita heiluttaen koeputkea jokaisen pisaran lisäämisen jälkeen.

Työ D

1. Pane koeputkeen muutama magnesiumlastu.
2. Tiputa niiden päälle noin 2 cm laimeaa 1 M vetykloridiliuosta $\text{HCl}(\text{aq})$.

Työ E

1. Pane pieneen muovipussiin teelusikallinen ureaa $(\text{NH}_2)_2\text{CO}(\text{s})$ eli virtsa-ainetta tai ammoniumnitraattia $(\text{NH}_4)\text{NO}_3(\text{s})$.
2. Lisää pussiin noin 1 ml (20 pisaraa) vettä ja puristele pussia.

Työ F

Sytytä kynttilä.

Työ G

1. Pane koeputkeen muutama kuparisulfaattikide $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ja noin 2 cm vettä. Sulje korkki ja ravistele.
2. Lisää liuokseen muutama jodikide I_2 . Sulje koeputki korkilla ja ravistele.
3. Lisää seokseen noin 2 cm bensiiniä. Sulje koeputki korkilla ja ravistele.

3 Kokeellisuus osaksi oppimista

Teoriaan liittyvät työt avaavat käsitteet paremmin kuin mikään selitys. Tästä johtuen sopivien töiden valinta on tärkeää. Sen lisäksi, että työt liittyvät juuri opeteltavaan asiaan, ne myös yhdistävät uuteen tietoon jo aiemmin opittua asiaa. Tällä tavoin muodostuu kokonaisuuksia, jotka auttavat hahmottamaan asioiden laajempaa merkitystä ja syy-seuraussuhteita. Tehtyihin töihin voi myös viitata myöhemmin, koska niistä jää yleensä vahva muistikuva. Tästä syystä jo tehtyä työtä voi hyödyntää myös myöhemmin uuden asian opetuksessa.

Kemian laskut eivät avaudu kaikille helposti. Esimerkiksi ainemäärän käsite on vaikea ymmärtää, jos ei tiedä mihin sitä käytännössä tarvitaan. Tästä johtuen konsentraatiokäsite on pitkään vaikea ymmärtää. Pelkästään yksi perustitraus voi avata suureet ja niiden merkityksen.

Kokeellisuus kehittää myös tuloksen järkevää arviointia. Kun on jonkinlainen käsitys tilavuuksista ja punnituista massoista, voi paremmin kuvitella asioita ja niiden mittasuhteita mielessään. Kaikille ei ole selvää kuinka suuresta määrästä on kyse, jos on 1-100 ml nestettä tai 1-10 mg kiinteää ainetta. Erityisesti epäonnistuneet työt auttavat saamaan käsityksen mittaustarkkuuden tärkeydestä, puhtaudesta, työvälineen oikeasta käytöstä, huolellisuudesta, työmenetelmien ja välineiden oikeasta valinnasta ja järjestyksestä.

Kokeellisuuden yleistymisen toi mukanaan myös kysymykset työturvallisuudesta ja asiallisista laborointitiloista. Turvallinen työskentely vaatii asialliset puitteet. Luokkatilassa on oltava tarpeeksi tilaa ja asianmukainen varustelutaso. (Anttalainen, jne. 2011) Kokeellisuus kehittää myös työturvallisuutta, ryhmässä toimimista, muiden huomioimista sekä havainnointia. Kemikaalien turvallisen käytön opettelu koulussa auttaa myös käyttämään kemikaaleja turvallisesti muuallakin arkielämässä.

4 Miten kokeellisuutta voidaan arvioida?

Erityisesti suurissa koeryhmissä tai tiloissa, missä kokeellisuutta ei voida toteuttaa koetilanteissa, kokeellisuuden arviointi on helpointa totuttaa lisäämällä koekysymyksiin kokeellisuuteen liittyvä tehtävä. Tehtäväksi voidaan valita jokin tunnilla tehty työ tai sen sovellus. Kokeellisten tehtävien lisääntyminen päättökuulusteluissa onkin lisääntynyt. Esimerkiksi ylioppilaskirjoituksissa 2013 oli kokeellisuuteen liittyvä jokeritehtävä. (YTL 2013) Tehtävän vastaamisessa tarvittiin hyvää laborointikokemusta ja taitavaa tietojen soveltamista.

Koetehtävä voidaan laatia myös siten, että opettaja tekee kokeen aikana itse demonstraation ja opiskelijat kirjaavat ylös työn kulun ja havainnot sekä tekevät johtopäätöksensä. Tämä vaatii koetilanteessa ryhmälle oman häiriöttömän tilan. Esimerkiksi lukion kemian 2. kurssin kokeessa opettaja voi tehdä kokeen seuraavasti:

Miten tutkisit, onko kloridi-ioneja **a)** sitruunasta puristetussa mehussa **b)** makkarassa? Havainnoi opettajan työskentelyä. Kirjoita muistiin työvälitteet, reagenssit ja työvaiheet. Tee muistiinpanojen perusteella työvaiheista ja yhteenvedosta kirjoitelma.

Koetilaisuuteen voidaan järjestää myös muutama työpiste, jossa opiskelijat käyvät vuorollaan tekemässä kokeellisen osuuden. Tähän soveltuvat hyvin lyhyet työt kuten esimerkiksi erilaiset titraustyöt ja neutralointi työt.

Työtunnilla tehtävästä työstä voidaan vaatia työselostus, joka voidaan arvioida ja liittää osana kurssiarvosanaa. Toisaalta kurssiarvosanaan voidaan vaatia opettajan hyväksymä, asiallisesti laadittu työselostus tai työpäiväkirja.

Kokeellisuudelle voidaan antaa kurssin arvosanassa hyvinkin suuri painotus riippuen siitä, kuinka suuri osuus kokeellisuudella on kurssissa. Seuraavassa esittelen kemian kokonaisvaltaisen arvioinnin, jossa olen huomionnut kokeellisuuden tärkeänä osana kemian oppimista.

5 Miksi lukion kemian kaikille yhteisen kurssin opiskeleminen koetaan usein hyvin ongelmalliseksi?

Lukion kemian kaikille yhteisen kurssin opiskeleminen on usein hyvin ongelmallista. Suuret opetusryhmät tuottavat vaikeuksia kokeellisuuden toteuttamisessa. -Lisäksi opiskelijat kokevat kurssin vaikeaksi niin sanastoltaan kuin asiasisällöltäänkin. Peruskoulussa opitut asiat ovat pitkän tauon jälkeen unohtuneet. Kurssilla käytävä asia koetaan hajanaiseksi, koska kokonaisuus hahmottaminen on vaikeaa nopeasti asiasisällöltään etenevässä kurssissa. Tällä ensimmäisellä kurssilla tulevat esille kemian perusasiat, joita syvennetään myöhemmillä kursseilla. Teorian opetteleminen tuottaa vaikeuksia, koska joudutaan usein turvautumaan ulkolukuun. Suurissa yli kolmenkymmenen opiskelijan ryhmissä ei ole aikaa selvittää kaikkien ongelmia erikseen. Jos kurssilla painotetaan liikaa teoriaopetusta, opiskelija voi kokonaan jäädä asian ulkopuolelle. Tällöin kurssin arvioiminen pelkällä teoriakokeella ei ole onnistunut ratkaisu.

6 Kokonaisvaltaisen arvioinnin taustaa

Kokeellisen lähestymistavan onnistumista teorian selvittämisessä voidaan arvioida työkokeen avulla. Työkokeessa voidaan seurata opiskelijoiden käytännön työskentelyä, aineiden käsittelyä, töiden suunnittelua, asennetta, tulkintaa ja ennen kaikkea havainnointikykyä. Kokeessa tulevat esille sellaiset opiskelijoiden kyvyt, jotka jäävät näkemättä kirjallisessa kokeessa. Työkokeessa arvioitavat ryhmät on syytä järjestää niin pieniksi, että opiskelijoiden työskentelyn seuraaminen onnistuu. Kuuden tai seitsemän hengen ryhmät ovat tähän sopivia.

Kokeellisuuden arviointi koetaan usein työlääksi ja vaikeaksi. Toteutettuani kokeellisuuden arviointia yli kymmenen vuotta systemaattisesti jokaisella kemian ensimmäisellä kurssilla, ja otettuani kokeellisuuden arvioinnin koko kurssin arvosanassa huomioon yhtä arvokkaana teoriakokeen kanssa, opiskelijat huomasivat kemian opiskelun

olevan muutakin kuin vain teoriaa. Opiskelijoiden kiinnostus lisääntyi kemian opiskelua kohtaan.

Alla olevasta taulukosta selviää lukion kemian syventävien kurssien valitsijoiden määrä, kun siirryin kokeellisuuteen ja kokonaisvaltaiseen arviointiin lukuvuonna 1995-1996. Opiskelijoiden määrä lisääntyi syventävillä kursseilla ratkaisevasti, koska kemian opiskeleminen koettiin mielekkääksi.



Kuva 1 Syventävien kurssien valintamäärät (% opiskelijoista) vuosina 1990-2000.

Opiskelijat huomasivat, että kynnys opiskella kemiaa ei ollutkaan niin suuri kuin heidän ennakkokäsityksensä oli ja kemian jatkokurssien valitseminen lisääntyi. Jatkokemian kursseille tuli yhä enemmän sellaisia opiskelijoita, jotka halusivat tehdä laborointeja, vaikka heidän teoriaymmärtämyksensä ei ollutkaan niin suurta.

Vuonna 2003 käyttöön otetut opetussuunnitelman perusteet eivät poistaneet kokeellisuuden arviointiani. Muutin ensimmäisen kurssin työkoetta niin, että se vastaisi uusia haasteita ja uutena elementtinä otin mukaan mallinnuksen.

Kokeellisuuden arviointi

Kokeellisuuden arviointia varten suuret ryhmät voidaan jakaa pienempiin ryhmiin, jolloin opiskelijoiden työn arviointi on mahdollista. Jokainen opiskelija työskentelee itsenäisesti. Ne, jotka eivät ole työkokeessa, tekevät etätehtäviä.

Työkokeessa arvioidaan työskentelyä, asennetta, aineiden käsittelyä, tulkintaa, suunnittelukykyä ja havainnointikykyä.

Molekyylimallin rakentaminen

3p rakenne oikein

2p vedyt puuttuvat – muuten oikein

1p väärä hiiliketju, funktionaalinen ryhmä oikein

1p väärä funktionaalinen ryhmä, hiiliketju oikein

0p väärä hiiliketju ja väärä funktionaalinen ryhmä

1. Työskentely

1p työpaikan siisteys, asioiden tiskaus, järjestelmällisyys

2. Asenne

1p innostunut, hakee aktiivisesti tarvittavat välineen, oma-aloitteinen

3. Aineiden käsittely

1p opiskelija tarkistaa käytettävät kemikaalit ja käsittelee niitä asiallisesti, huolehtii jätteiden käsittelystä

4. Tulkinta

1p tulkitsee tehtävän oikein

5. Suunnittelu

1p lukee ohjeen, suunnittelee, toimii ohjeen mukaisesti

6. Havainnointikyky

1p opiskelija tekee johdonmukaisesti havaintoja ja yhteenvetoja

Työkokeessa arvioitavat ryhmät on syytä järjestää niin pieniksi, että opiskelijoiden työskentelyn seuraaminen onnistuu. Kuuden tai seitsemän hengen ryhmät ovat tähänkin sopivia. Tällaisissa pienissä ryhmissä tulevat esille sellaiset opiskelijoiden kyvyt, jotka jäävät näkymättä isoissa ryhmissä ja kirjallisessa kokeessa.

Esimerkki yhden työpisteen ohjeesta

Työkoe	Nimi:	
1. a. Rakenna 2-penteeni molekyylimallilla.		2p
b. Piirrä 2-penteenin rakenne viivakaavalla.		2p
2. Liuota lusikan kärjellinen fumaarihappoa koeputkessa 2 ml:aan vettä. Lisää 2 pisaraa kaliumpermanganaattia KMnO_4 -liuosta.		
Mitä havaitset?	2p	
Selitä ilmiö.	2p	
3. Ota koeputkeen 1 vettä 2 ml ja koeputkeen 2 asetonia 2 ml. Lisää kumpaankin koeputkeen lusikan kärjellinen sokeria.		
Mitä havaitset?	2p	
Anna kemiallinen selitys havainnollesi.		2p

Kokoanisvaltainen arviointi huomioi sekä teoriaosaamisen että käytännön työskentelyn. Tämä menettely antaa mahdollisuuden myös niille jotka eivät jatka kemiaa pidemmälle, mutta toisaalta se innostaa kokeilemaan kemian opiskelua pidemmälle.

Kokemukseni perusteella suosittelen liittämään kokeellisuuden arvioinnin kurssiarviointiin. Aloitus työllistää hieman, mutta kokeilu palkitsee.

Lähteet

Anttalainen H. ja Tulivuori J. (2011) Luonnontieteiden opetustilat, työturvallisuus ja välineet, perusopetus ja lukio, Opetushallitus, 2011, 134s

Kaila, L., Meriläinen, P., Ojala. P. ja Pihko, P., Reaktio 1, Lukion kemian oppikirja, SanomaPro, 2009, 168s.

MAOL ry:n kemian toimikunta (2003) Turvallinen työskentely koululaboratoriossa, , 30s

Opetushallitus (2003), Lukion opetussuunnitelman perusteet

YTL (2013) Kemia yo-kirjoitukset kevät 2013, 4s