

Helppoa kokeellisen
työskentelyn
arviointia lukioon

Ilari Saunamäki

Henry Teittinen

Milla Viitasuo

Sisällysluettelo

1 Johdanto

s. 3

2 Opetussuunnitelman painotukset

s. 4

3 Arviointiperusteet kursseille KE1-KE5

s. 4

4 Kokeellisuuden arvioinnista

s. 7

4.1 Perinteinen laboratoriotyö

s. 8

4.2 Kokeellisuus ilman laboratoriotyötä

s. 10

5 Ryhmätyön arviointi

s. 12

6 Kokeellisuus ylioppilaskirjoituksissa

s. 14

7 Lähteet

s. 15

8 Liitteet

s. 17



(Pixabay, CC0)

1 Johdanto

Kokeellisuus on läsnä kaikissa kemian kursseissa lukiossa. Kuitenkin, toisin kuin kirjallisia kokeita, kokeellisuutta ei ole yhtä helppoa arvioida. Tässä e-oppaassa keskitytään kokeellisuuden arviointiin lukion kemian opetuksessa. Tavoitteena on tarjota erilaisia keinoja kokeellisuuden arviointiin, eli tehdä siitä helppoa ja vaivatonta.

E-opas huomioi kokeellisuuden eri osa-alueet: kysymysten esittämisen, kokeellisuuden suunnittelun ja toteutuksen, sekä tulosten tulkinnan ja arvioinnin. Pyrimme tarjoamaan erilaisia menetelmiä kaikkien näiden osa-alueiden arviointiin.

Arvioinnin ongelmakohdat

- Ryhmäkoot
- Ryhmädynamiikka
- Kemian arvaamattomuus
- Kokeellisuuteen ei sovi numeroasteikko
- Ei yksiselitteisiä ratkaisuja



(Pixabay, CC0)

2 Opetussuunnitelman painotukset

Lukion opetussuunnitelmassa mainitaan tutkimuksellisuus osana kaikkien kemian kursseja. Painotukset vaihtelevat kurseittain, tähdäten kuitenkin oppilaiden osaamisen kehittymiseen kursien edetessä. KE1-kurssilla oppilaat tutustutetaan malleihin ja tietolähteisiin, jonka jälkeen KE2-kurssilla taas tutustutaan kunnolla käsitteisiin ja tiedon luonteeseen. Myöhemmillä kursseilla (KE3-KE5) tavoitteina on se, että oppilaat osaisivat käyttää luontevasti erilaisia malleja ja soveltaa aiheeseen liittyvää tietoa.

Lisäksi kokeellisuuden painotus muuttuu kurssien edetessä. Kokeellisen toteuttamisen painotus arvioinnissa alkaa KE1-kurssilla perehdytyksestä turvalliseen työskentelyyn aina KE3-kurssille asti. KE4-kurssilla paino siirtyy tutkimuksen suunnittelulle ja KE5-kurssilla painotetaan saatujen tulosten arviointia.

Intoa opiskeluun formatiivisella arvioinnilla!

Formatiivinen arviointi soveltuu hyvin oppilaiden arviointiin, sillä oppilaiden pystyessä seuraamaan oman oppimisen kehittymistä pystyvät he myös muokkaamaan omaa työskentelyään parempien arvosanojen saamiseksi ja näin voiden kokea oppimisen ilon. (Sadler, 1989)

3 Arviointiperusteita

Niemelä ym. (2010) ovat käyttäneet matriisimallia arvioinnissa. Matriisissa on esillä painotusprosentit osa-alueittain ja selkeä kuvailu arvosanan perusteista. Oppilas voi jo kurssin alussa selkeästi nähdä, mitä erinomaiselta suoritukselta vaaditaan.

Arviointiperusteiden läpikäyminen kurssin alussa on havaittu vaikuttavan positiivisesti kurssin sujuvuuteen, oppimistilanteisiin ja tuloksiin (Niemelä ym., 2010). Lisäksi Niemelä ym. toteavat, että käytännön työskentelyn arviointi on haastavaa, sillä koulussa yhden päivän aikana opettaja kohtaa kymmeniä oppilaita. Tämän vuoksi työskentelyn aikaisen formatiivisen arvioinnin on siis oltava systemaattista ja nopeaa.

Arviointityypit

Diagnostinen arviointi on toteavaa arviointia, jonka tarkoituksena on selvittää oppilaan ennakkotietoja aiheesta

Formatiivinen arviointi on jatkuvaa arviointia, jossa oppilaiden oppimista arvioidaan oppimisprosessin aikana, jotta oppimista voidaan ohjata helpommin

Summatiivinen arviointi on arviointia, jossa oppilasta arvioidaan oppimisprosessin päätteeksi, esim. ylioppilaskirjoitukset

Itsearviointi on arviointia, jossa oppilas arvioi itse omaa suoritustaan ja oppimistaan

Vertaisarviointi on arviointia, jossa oppilas arvioi jotakuta toista oppilasta itsensä sijasta

(Hirsjärvi, 1992)

Arvosanan laskemisessa voi käyttää apuna taulukoita 1 ja 2 tai [arvosanalaskuria](#). Arvosana voi muodostua esimerkiksi taulukon 1 ja 2 mukaisesti.

Esimerkkitaulukko arvosanan muodostuksesta.

Arvosanan muodostuminen	
Loppukoe 60 %	
Tutkimisen taidot 20 %	Kysymysten esittäminen, suunnittelu, toteutus, tulkinta ja arviointi, raportointi.
Aktiivisuus 20 %	Poissaolot ja myöhästymiset. Tuntiaktiivisuus.

Taulukko 1: Arvosanan muodostuminen. (Taulukko pohjautuu osittain H. Elo-Anttilan (henkilökohtainen haastattelu, 8.3.2017) omiin arviointipainotuksiin.)

Arvosana	
10 erinomainen	<p>Osa käyttää ja soveltaa kurssin käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön ja yhteiskunnan ilmiöissä monipuolisesti.</p> <p>Itsenäinen ongelmanratkaisija tutkimisen taidoissa. Osa hyödyntää aikaisemmin opittua tietoa erinomaisesti.</p> <p>Kykenee hankkimaan tietoa ja käsittelemään sitä kriittisesti ja monipuolisesti.</p> <p>Kirjalliset työt on toteutettu huolellisesti. Laskut ovat oikein ja tulosten analysointi on kiitettävää. Viittaukset ovat oikein ja riittävät.</p> <p>Aktiivisuus: Ei poissaoloja tai myöhästymisiä. Aktiivinen tunnilla.</p>
9	
8 hyvä	<p>Osa käyttää ja soveltaa kurssin käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön ja yhteiskunnan ilmiöissä.</p> <p>Tutkimisen taidot hyvät. Tarvitsee pientä ohjausta. Osa hyödyntää aikaisemmin opittua tietoa.</p> <p>Kykenee hankkimaan tietoa ja käsittelemään sitä kriittisesti.</p> <p>Kirjallinen työ on rakenteeltaan hyvä kokonaisuus viitteineen. Laskut ovat oikein ja tuloksia on analysoitu.</p>
7	
6 heikko	<p>Kurssiaiheen käsitteiden käyttämisessä ja ymmärtämisessä selviä puutteita.</p> <p>Tarvitsee apua ja ohjausta tutkimisen taidoissa. Ongelmanratkaisussa ongelmia. Osa seurata ohjeita melko itsenäisesti.</p> <p>Teksti ilmentää tutkimuksellisuuden näkökulmien puutteellista ymmärrystä.</p> <p>Kirjoitusasussa on puutteita.</p> <p>Aktiivisuus heikkoa.</p>
5	<p>Vähintään 30 % oikein loppukokeessa</p> <p>Kirjalliset tehtävät palautettu</p>
4 Hylätty	<p>Alle 30 % loppukokeen pisteistä ja/ tai kirjallisia tehtäviä palauttamatta</p>

Taulukko 2: Esimerkki arvosanakriteereistä. Luotu lähteiden pohjalta. (Niemelä ym., 2010)

4 Kokeellisuuden arvioinnista

Kokeellisuutta on hyvin haastava arvioida suoraan kouluissa käytetyllä numeroasteikolla. Kokeellisissa töissä on aina omat haasteensa ja jekkunsa eikä työ silti aina välttämättä onnistu. Täydellisen lopputuloksen sijaan tärkeämpää on tutkia, mitä oppilas tietää asiasta ennen työtä ja mitä sen tehtyään. Tehtyjen havaintojen kirjaaminen ja niiden selittäminen auttavat oppilasta saavuttamaan syvemmän ymmärryksen asioista ja kehittävät hänen ajattelutaitoja (vrt. Bloomin uudistettu taksonomiataulukko, Krathwohl 2002, 216).

Kaikesta kokeellisuudesta kannattaa aina tuottaa oppilailla jonkinlainen kirjallinen tuotos (Welford, G., Harlen, W. ja Schofield, B. 1985). Tämä helpottaa ja selkeyttää arviointi, sillä näin oppilas saa ilmaistua osaamisensa eikä koko työn arviointi perustu siihen, kuinka hyvin opettaja ehtii seurata jokaisen työskentelyä. Se voi olla monistepohja työhjeen mukana, jatkuvan laboratoriopäiväkirjan pitäminen tai ihan varsinaisen työselostuksen kirjoittaminen.

Kannattavaa olisi myös pitää kirjallisen tuotoksen tyyli samana ainakin koko kurssin ajan. Näin arviointikriteerit on helppo pitää samana ja oppilas pystyy kehittämään omaa tuotostaan. Toki tyylejä kannattaa vaihdella eri kurssien välillä tai jos työn luonne on hyvin erilainen muista töistä eikä valittu tapa toimi siinä (Welford, G., Harlen, W. ja Schofield, B. 1985).

Kokeellisuuden arvioinnin olisi hyvä koostua kahdesta osasta; siitä, mitä työn aikana tapahtuu ja siitä, millainen tuotos työstä on tehty. Työn aikana arvioidaan esimerkiksi työhjeen noudatusta, osallistumista yhteiseen keskusteluun ja ryhmätyötaitoja (Reiss, Abrahams & Sharpe, 2012).

Työn jälkeen kirjallinen osuus arvioidaan aiemmin sovittujen kriteerien perusteella, vaikkapa laboratoriopäiväkirjan tapauksessa voidaan sopia, että työstä pitää kirjata ennakkotiedot ja vastauksia kysymyksiin ennen työtä, työn kulku ja havainnot sen aikana, havaintojen selitys ja johtopäätökset.

Tärkeää on, että arvioinnin kriteerit on sovittu etukäteen ja kaikille on selvää, mistä kokeellisuuden arvostelu koostuu. Eräs hyvä tapa toteuttaa kokeellisuuden arviointi osana kurssin kokonais-arvosanaa olisi päättää, että jokainen työ on vaikkapa 3 pisteen arvoinen. Näistä yksi piste tulisi työn aikana tapahtuvasta toiminnasta ja kaksi tuotoksesta. Kokeellisuudesta saadut pisteet laskettaisiin sitten myöhemmin mukaan kokeesta saatuihin pisteisiin ja olisivat näin oleellinen osa loppuarvosanaa. Lisäksi oppilaiden töistä tekemä itse- tai vertaisarviointi vaikuttaisi saatuihin pisteisiin. Tästä esimerkkinä alla oleva taulukko.

Oppilas:	Työn aikana			Työn jälkeen			
	Työohjeen noudatus	Työskentely ja osallistuminen	Ryhmätyö	Havaintojen kirjaus	Johtopäätökset ja perustelut	Raportin selkeys	Itsearviointi
Toteutunut							
Yhteensä pisteitä	/1p.			/2p.			

Taulukko 3: Arviointitaulukko kokeellisia töitä varten

Liitteenä löytyy myös esimerkkiohjeet laboratoriopäiväkirjan täyttöä varten sekä itsearviointilomake.

4.1 Perinteinen laboratoriotyö

Kokeellisuus ilmenee yleisimmin perinteisissä laboratoriotöissä. Näissä lopputulosta tärkeämpää on arvioinnin kannalta se, millaisia havaintoja oppilas tekee ja millä hän perustelee johtopäätöksensä näistä havainnoista. Pieleenkin menneestä kokeesta voidaan oppia, jos oppilas osaa selvittää, mikä työssä on mennyt pieleen.

Työn suoritus

Esimerkkityönä on hyvinkin tavallinen titraustyö, joka on helppo toteuttaa. Alla on lyhyt katsaus työstä, tarkempi opettajan ohje löytyy [Gadolinin sivuilta](#).

Oppilas tutkii kolajuoman happamuutta titraamalla. Kolajuoma valmistetaan poistamalla siitä ensin hiilihappo ja sen jälkeen siihen lisätään natriumhydroksidia vähän kerrallaan ja selvitetään happamuuden aiheuttavan fosforihapon kolme ekvivalenttipistettä. Juoman pH voidaan mitata joko indikaattoripaperilla tai sähköisellä pH-mittarilla ja oppilas piirtää mittaustuloksista kuvaajan.

Oppilas pääsee pohtimaan pH:n muutokseen vaikuttavia tekijöitä ja seuraamaan tarkkoja ohjeita. Työ suoritetaan vähintään pareittain, mutta se voidaan tehdä myös pienissä ryhmissä. Työohjeessa on runsaasti kysymyksiä, jotka ohjaavat oppilaan ajattelua ja auttavat hahmottamaan happamuuden käsitettä. Sisällöllisesti työ kannattaa suorittaa KE5-kurssilla.

Työn arvioinnista

Arvioinnissa on kaksi tärkeää puolta: se, miten oppilas suorittaa työn ja se, mitä siitä tuotetaan. Työn suorituksesta voidaan arvioidaan ryhmädynamiikkaa ja muiden huomioonottamista, työohjeen seuraamista, yhteiseen pohdintaan ja yhteenvetoon osallistumista sekä havaintojen tekemisestä. Kirjallinen tuotos voisi olla vaikkapa vain sivuilta löytyvän monisteen täyttäminen tai omaan laboratoriopäiväkirjaan.

Arvioinnin kannalta tärkeää on omien havaintojen ylöskirjaaminen ja johtopäätösten perustelu. Perusteluihin voidaan vaatia lähteitä ja oppilaille on hyvä opettaa mediakriittisyyttä ja sitä, millaiset lähteet ovat luotettavia. Argumentaatiotaidot ovat tärkeitä ja on oppilaalle äärimmäisen hyödyllistä, että hän joutuu perustelemaan havaintonsa kirjallisena.



(Pixabay, CC0)

4.2 Kokeellisuus ilman laboratoriota

Kokeellisuus voi ilmetä opetuksessa myös muulla tavalla kuin perinteisinä laboratoriotöinä. Kokeellisuutta voidaan havainnollistaa muun muassa opettajan tekemillä demonstraatioilla tai videota seuraamalla.

Työn suoritus

Mallina käytetty tehtävä on Kemianluokka Gadolinin ohjeista vetysidosten muodostumisesta Spartan-ohjelmalla. Alla lyhyt kuvaus työstä, tarkempi linkki työohjeeseen [Gadolinin sivuilla](#).

Oppilasta ohjataan alussa ensin tutustumaan Spartanin piirtotyylisiin ohjeistamalla ensin piirtämään yksinäinen vesimolekyyli. Samalla tutustutaan poolisuuden käsitteeseen, kun ohjelma piirtää esiin elektronien esiintymistodennäköisyydet. Oppilaan tulisi havaita elektronien olevan huomattavasti todennäköisimmin happiatomin ympärillä.

Tämän tarkastelun jälkeen piirretään mukaan joukko muitakin vesimolekyyliä. Piirtämisen jälkeen tarkastellaan elektronipintoja uudelleen ja otetaan esiin vetysidokset. Havaitaan vetysidosten muodostumista vain tiettyjen osien välille.

Seuraavaksi veden seuraksi voidaan piirtää muita molekyylejä, kuten vaikkapa alkoholeja. Oppilas pääsee tutustumaan, millaisia vetysidoksia muodostuu veden ja orgaanisen molekyylin välille, ja miten ne eroavat aiemmasta.

Lopuksi tutkitaan vielä kahden orgaanisen molekyylin välisiä sidoksia. Oppilas pääsee havainnoimaan, kuinka tilanne muuttuu, kun vettä ei olekaan enää paikalla.

Sisällön perusteella työ voitaisiin tehdä osana poolisuuden käsitteen opettelua jo KE1-kurssilla tai vaihtoehtoisesti mallinuksen opetteluksi KE5-kurssilla. Työn voi suorittaa yksin tai parin kanssa, mutta suuremmassa ryhmässä kaikille ei riitä tekemistä ja arviointi hankaloituu.

Työn arvioinnista

Työn aikana arvioidaan oppilaiden osallistumista pohdintaan ja havaintojen tekemiseen. Riippuu opettajasta, kuinka haluaa tätä tarkkailla. Oppilaat voivat pohtia parin kanssa vastauksia työselostuksen kysymyksiin tai luokassa voidaan yhdessä pohtia havaintoja ja niiden selityksiä. Samalla arvioidaan myös työn kulkua samalla tavalla kuin perinteisessä laboratoriotyössä; kuinka noudatetaan työohjetta, otetaan parin mielipiteet huomioon ja keskitytään omaan työskentelyyn. Kuten kaikesta kokeellisuudesta, myös molekyylimallinnuksesta kannattaa vaatia oppilailta jonkinlainen raportti omasta työskentelystä. Raportointimuodon kannattaa pysyä samana kuin muissa kokeellisissa töissä, olkoon se sitten varsinainen työselostus tai vapaamuotoisempi laboratoriopäiväkirja.

Tärkeimpänä on ottaa huomioon oppilaan ennakkotiedot asiasta ja verrata sitä lopputilanteeseen ja siihen, miten oppilas on kokenut oppineensa asioita työn aikana.

Kuten kaikesta tehdyistä projekteista tai töistä, on aina kannattavaa teettää joko vertaisarviointi tai itsearviointi oppilailta. Yleensä luokassa kuitenkin on hälinää eikä kaikkien työskentelyä aina ehdi seuraamaan. Näin saadaan oppilailta myös heidän omaa palautetta, kuinka työ sujui ja ohjataan heitä arvioimaan omia taitojaan.



(Pixabay, CC0)

5 Ryhmätyön arviointi

Ryhmätöiden arvioinnissa kannattaa ottaa huomioon monia muitakin muuttujia kuin yksintyökentelyssä. Normaalissa luokkaopetuksessa löytyy roolit opettaja ja oppilasryhmä, mutta myös oppilasryhmän sisällä ilmenee rooleja. Yksinkertaisimmillaan kyseessä voi olla "hiljainen ja äänekäs" tai "nokkela ja häirikkö". On kannattavaa huomioida kuinka hyvin jokainen tasoonsa nähden panostaa ryhmätyössä. Esimerkiksi se että hiljainen oppilas nostaa kerran käden ylös vastataksseen tunnilla voi ajatella vastaavan äänekkäämmän ja luontaisesti aktiivisemmalla oppilaalla useampaa viittauskertaa.

Meredith Belbin on tehnyt paljon tutkimusta mm. ryhmädynamiikan ja ryhmän toiminnan saralla. Hän loi niin kutsutut "tiimiroolit", joita voi käyttää apuna tunnistamaan esim. oppilasryhmien sisäisiä rooleja. Belbinin tiimirooleille löytyy useita määritteleviä tekijöitä, joiden avulla on helpompi tehdä havaintoja opiskelijoiden toiminnasta. Tässä on lueteltuna Belbinin määrittelemät roolit ja niille kuuluvat luonteet ja määritteet löytyvät [tästä linkistä](#).

Belbinin tiimiroolit

- Takoja
- Kokoaja
- Keksijä
- Tiedustelija
- Arvioija
- Asiantuntija

Hyvässä ja toimivassa ryhmässä on monia rooleja, joten jos opettajana tahdot luoda mahdollisimman hyviä ryhmiä, kannattaa pitää silmällä rooleja, joita ryhmiin valikoituu. On huomioitava, ettei kaikki roolit toimi välttämättä vain neutraalisti tai positiivisesti keskenään. Esimerkiksi "Viimeistelijä" saattaa kokea "Arvioijan" ja "Tiedustelijan" kanssa työskentelyn haastavaksi ja haasteelliseksi. [Lisätietoa Belbinistä](#).

Roolien esilletuomiseksi oppilaille voi vetää seuraavanlaisen leikin/tehtävän:

Oppilaat muodostavat kaksi riviä, jotka ovat kasvotusten. Rivit muodostavat limittäin asetetuista etusormista tason, jolle opettaja laskee harjanvarren tai muun kepin. Oppilaiden tehtävänä on saada laskettua tämä keppi, sitä pudottamatta, lattialle. Tärkeä sääntö on, että jokaisen oppilaan molempien sormien tulee koskea keppiä koko ajan.

Tämän tehtävän ideana on siis saada koko ryhmä osallistumaan johonkin (haasteelliseenkin) aktiviteettiin, jossa esiintyy jokin pulma. Oppilaiden pyrkiessä ongelman ratkaisuun, alkavat roolit kaivautua esiin: useimmiten johtaja tyyppisen roolin omaa se, joka nostaa äänensä muiden yläpuolelle ja pyrkii ottamaan kaaoksen haltuunsa. Belbinin "asiantuntija" on todennäköisimmin se, joka jakaa muille kokemuksiaan tästä kyseisestä ongelmasta/tilanteesta ja kertoo asiantuntevia pointteja jne.



Kuva 1: Esimerkkikuva tehtävätilanteesta



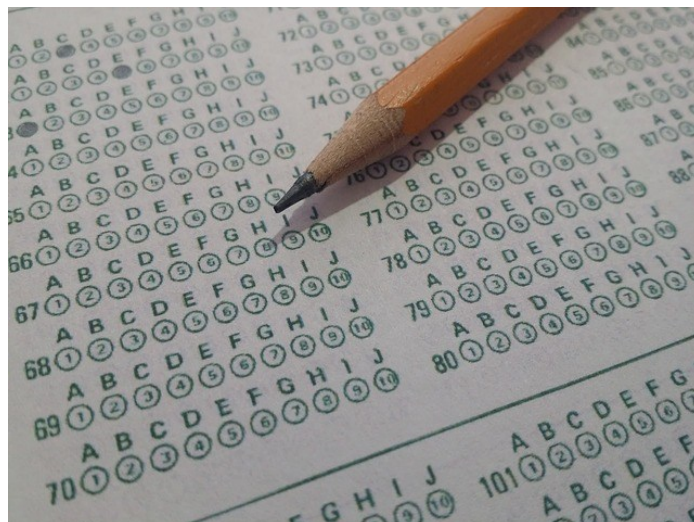
Kuva 2: Lähikuva tehtävätilanteesta

6 Kokeellisuus ylioppilaskirjoituksissa

Kokeellisuus on näkynyt myös vuosien aikana ylioppilaskirjoituksissa. Esimerkiksi Tikkanen (2010) esittelee väitöskirjassaan kemian ylioppilaskokeiden tehtäviä vuosilta 1996-2009 ja niiden arviointia. Tikkanen on jaotellut tehtävät sekä summatiivisen arvioinnin että kognitiivisten tietojen ja taitojen luokkiin. Lisäksi hän on arvioinut opetussuunnitelman kemian keskeisten sisältöjen esiintyvyyttä ylioppilaskokeissa. Myös Minna Pyysalo tutki kokeellisuutta ylioppilastehtävissä pro gradu -tutkielmassaan (2005), mutta toisin kuin Tikkanen, hän luokitteli tehtäviä niiden sisällön perusteella lukuisilla eri tavoilla kuten puhtaasti kokeellisiin ja integroituihin esseetehtäviin.

Kokeellisuuteen liittyvät tehtävät tulevat väitöskirjassa esille osana summatiivisen arvioinnin tehtävätyypiluokittelua. Lukion opetussuunnitelmassa (Opetushallitus, 2015) kokeellisuudesta puhutaan termillä ”tutkimuksellisuus”. Tikkanen esittelee kokeellisuuden tehtävätyyppejä, joita ovat esimerkiksi kirjalliset ja käytännön suoritustehtävät. Suoritustehtäviä on aiemmin jaoteltu muun muassa taitotehtäviin, tutkimustehtäviin ja laajoihin tutkimustehtäviin. Taitotehtävät muistuttavat määritelmänsä mukaan todentavaa tai jäsenneltyä tutkimuksellisuutta.

Kokeellisuus on ollut kasvava trendi ylioppilaskirjoituksissa vähintäänkin integroituna muihin puhtaasti teoriapohjaisiin kysymyksiin. Näin ollen olisi luonnollista kehitystä lisätä kokeellisten tehtävien osuutta myös kurssikokeissa. Erilaisia vinkkejä tällaisten tehtävien luomiseen kannattaa katsoa juuri vanhoista ylioppilaskokeista, esimerkiksi [kevään 2012](#) tehtävä 8 on loistava esimerkki kokeellisesta tehtävästä paperilla. YTL tarjoaa näihin myös vastausohjeet, joita voi soveltaa myös omiin tehtäviin.



(Pixabay, CC0)

7 Lähteet

- Alberts, B. (2000) Some Thoughts of a Scientist On Inquiry. Teoksessa J. Minstrell & E. H. van Zee (toim.) *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. AAAS, Washington, DC., American Association for the Advancement of Science. s. 20-46. viitattu 19.12.2016. <https://www.aaas.org/sites/default/files/migrate/uploads/InquiryPart1.pdf>
- Crawford, B. A. (2014) From Inquiry to Scientific Practices in the Science Classroom, Teoksessa N. G. Lederman ja S. K. Abell (toim.) *Handbook of Research on Science Education*, Abingdon: Routledge, Routledge Handbooks Online. <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.4324/9780203097267.ch26>. Haettu 19.12.2016.
- Hirsjärvi, S. (1992). *Kasvatustieteen käsitteistö* (3. painos), Helsinki: Otava
- Juntunen, M. (2015) *Holistic and Inquiry-Based Education for Sustainable Development in Chemistry*, Väitöskirja, Helsingin yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Kemian laitos, viitattu 19.12.2016. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-1231-6>.
- Juntunen, M. (2015) *Kestävä kehitys kemian opetuksessa – pedagogiikkaa ja oppilaiden omia tutkimuksia*. Suomen luonnonsuojeluliitto. Viitattu 30.12.2016. <http://www.sll.fi/mita-me-teemme/ymparistokasvatus/Kestavakehityskemianopetuksessaopas.pdf>
- Krathwohl, D. R. 2002. A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212–218.
- Lammi, J. & Suntio, K. (2011) *Opetuksen arviointi*. Opettajankoulutuksen kehittämishanke, Ammatillinen opettajakorkeakoulu, Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 30.12.2016. https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/26984/Lammi_Juha_Suntio_Keijo.pdf?sequence=2.
- Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015. Määräykset ja ohjeet 2015:48. Opetushallitus. Viitattu 19.03.2017. http://www.oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf
- Niemelä, M., Kaila, L., Suni, S. & Perämäki, P. (2010) *Laboratorioharjoitusten arviointia kehittämällä kohti parempia oppimistuloksia*, Teoksessa M. Aksela, J. Pernaa & M. Rukajärvi-Saarela (toim.) *Tutkiva lähestymistapa kemian opetukseen*, Kemian opetuksen keskus, Kemian laitos,

- Näsäkkälä, E., Flinkman, M. & Aksela, M. (2001) Luonnontieteellisen tutkimuksen tekeminen koulussa. Opetushallitus. Viitattu 30.12.2016. http://www.oph.fi/julkaisut/2001/luonnontieteellisen_tutkimuksen_tekeminen_koulussa
- Tikkanen, G. (2010). Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä. Kemian opettajankoulutusyksikön väitöskirja. Helsingin yliopisto.
- Welford, G., Harlen, W., & Schofield, B. (1985). Practical Testing at Ages 11, 13 and 15: A report on the testing of practical skills in science at three ages as undertaken by the science teams of the APU. Department of Education and Science: London
- Reiss, M., Abrahams, I. and Sharpe, R. (2012). Improving the Assessment of Practical Work in School Science. London: Gatsby Charitable Foundation
- Sadler, D.R., (1989). Formative Assessment and the design of instructional systems. *Instructional Science*, 18(2), 119-144.
- Pyysalo, M. (2005). Kokeellisuus kemian ylioppilastehtävissä vuosina 1985-2004 (Pro Gradu – tutkielma). Luettu osoitteesta: <http://www.helsinki.fi/kemia/opettaja/ont/pyysalo-m-2005.pdf>
- Townend, A. (2007). *Assertivness and Diversity*, London: Palgrave Macmillan UK

8 Liitteet

Täytä labrapäiväkirjaan jokainen tunnilla tehty työ selkeästi erotellen. Käytä kokonaisia lauseita ja perustele johtopäätöksesi huolella. Muista täyttää itsearviointi aina jokaisen työn päätteeksi ja liimaa se työn loppuun.

1. Aloita otsikoimalla työsi sopivalla tavalla.
2. Kirjaa alkuun ne asiat, joita tiedät jo etukäteen työhön liittyvistä käsitteistä.
3. Kirjaa ylös hypoteesisi eli se, mitä luulet tapahtuvan työn aikana.
4. Samalla kuin teet työtä, kirjaa SELKEÄSTI ylös työn vaiheet ja niiden aikana tekemäsi havainnot. Esimerkiksi jos seoksesi muuttuu vihreäksi, kun lisäsit jotakin liuokseen, niin kirjaa se ylös.
5. Työn loppuksi vastaa työhjeen kysymyksiin ja PERUSTELE vastauksesi.
6. Täytä itsearviointi loppuksi ja palauta vihkosi opettajan pöydällä olevaan laatikkoon.

Liite 1: Esimerkkiohje labrapäiväkirjan tekemisestä

Arvioi osaamistasi asteikolla 1-5, jossa 1 on täysin eri mieltä ja 5 täysin samaa mieltä

	1	2	3	4	5
Tiesin jo suurimman osan työhön liittyvistä käsitteistä					
Hypoteesin muodostaminen oli helppoa.					
Työohjetta oli helppo seurata.					
Osin tehdä kaikki työvaiheet ilman ongelmia.					
Havaintojen kirjaaminen on minulle vaikeaa.					
Sain ryhmältä/parilta tarpeeksi apua.					
Johtopäätösten tekeminen on minulle haastavaa.					
Osaan nyt työhön liittyvät käsitteet paremmin tai vähintään yhtä hyvin kuin ennen.					

Liite 2: Itsearviointitaulukko laboratoriopäiväkirjaa varten