

Kemiaa keittiössä – pH-indikaattorit, protolyysireaktio ja neutraloitumisreaktio

Marjut Oksanen¹, Arttu Paavola¹ ja Karoliina Salmenperä²

¹ Kemian opettajankoulutusyksikkö, Kemian osasto, Helsingin yliopisto

² Opetus- ja oppimislaboratorio, Kemian laitos, Turun yliopisto

Tiivistelmä: Kevään koronavirusepidemia sai kemian opetuksen uuden haasteen eteen: miten huolehtia kokeellisen työskentelyn opettamisesta etäopiskelun aikana. Vastasimme tähän haasteeseen kehittämällä opetuskokonaisuuden, jonka oppilas voi tehdä turvallisesti kotikeittiössä. Opetuskokonaisuuden aiheena on pH-indikaattorit, protolyysireaktio ja neutraloitumisreaktio. Opiskelijat tutustuvat teoriaan itsenäisesti. Tämän jälkeen he valmistavat punakaali-indikaattorin, jonka avulla tutkivat kotoa löytyvien kemikaalien pH:ta. Lopulta he tekevät pienimuotoisen neutralointititrauksen, joka havainnollistaa heille neutraloitumisreaktiota. Tehtävänä on myös mallintaa neutraloitumisreaktio MarvinSketch-ohjelmistolla.

Avainsanat: etäopiskelu, pH-indikaattorit, protolyysireaktio, neutraloitumisreaktio, kokeellinen työ

Yhteystiedot: arttuipaavola@gmail.com, h_marjut@hotmail.com, karoliina.salmenpera@gmail.com

1 Taustaa ja tavoitteet

Vuoden 2020 kevään koronavirusepidemia aiheutti poikkeustilan, jossa koronaviruksen aiheuttamiin varotoimenpiteisiin kuului muun muassa kaiken yläkoulu- ja lukio-opetuksen muuntaminen etäopetuksesi. Etäopetukseen siirtyminen muutti äkillisesti opetuksen arkea ja etenkin kemian opetuksessa haasteeksi on osoittautunut kemian laboratoriotyön toteuttaminen etäopiskeluna. Artikkelissa esittelemme laboratoriotyökokonaisuuden, jonka voi toteuttaa etäopetuksessa.

Lukion opetussuunnitelma (2019) ohjaa etäopetuksen järjestämiseen lukiolaisille. Opetussuunnitelman mukaan opiskeluympäristöä tulee laajentaa oppilaitoksen ulkopuolelle tieto- ja viestintäteknologian avulla. Opiskelijan tulee hyödyntää digitaalisia opiskeluympäristöjä, oppimateriaaleja ja työvälineitä tiedon hankintaan, käsittelyyn ja arviointiin sekä tuottamiseen ja jakamiseen. Opetussuunnitelma kannustaa tarjoamaan kursseja, jotka voidaan suorittaa verkko-opiskeluna. Etäopintoja järjestettäessä on kuitenkin otettava huomioon opiskelijoiden



edellytykset suorittaa opintoja ilman lähiopetusta sekä opiskelijoiden ohjauksen ja tuen tarpeet. (Lukion opetussuunnitelman perusteet, 2019)

2 Teoreettinen viitekehys

1990-luvun puolivälissä alkanut digitaalinen vallankumous on tuonut tietokoneen ja Internetin kaikkien käytettäväksi. Tämä on mahdollistanut kurssimateriaalin toimittamisen suoraan opiskelijoiden koteihin. Opiskelijoiden vuorovaikutus toistensa tai opettajan kanssa voi olla samanaikaista tai se voi tapahtua eri aikoina. Se, että kommunikoinnin ei tarvitse olla samanaikaista mahdollistaa lisää joustavuutta niin opiskelijoiden kuin ohjaajien aikatauluihin. Myöskään maantieteellisellä sijainnilla ei ole enää merkitystä koska kurssit voidaan suorittaa kaikkialla missä Internet-yhteys on käytettävissä. (Williams ym., 1998)

Monille oppilaitoksille etäopiskelun järjestäminen on keino laajentaa palvelua, keino vastata yhä suuremman väestöryhmän tarpeisiin ja uusi tulonlähde. Tämän lisäksi tiedekunnilla on velvoite tarjota kursseja ja ohjelmia uusilla tavoilla, jotka ovat tehokkaita ja toimivia. Tämä tarkoittaa sitä, että kurssit pitää suunnitella uudelleen etäopiskeluun soveltuviksi ja toimintamalleja on uudistettava. Tehokkaan oppimisympäristön varmistaminen etäopetuksessa asettaa paljon uusia vaatimuksia kurssin järjestävälle oppilaitokselle. (Williams ym., 1998)

Perus- ja keskiasteella on monia syitä, miksi etäkursseja järjestetään. Yksi syy on se, että koulu haluaa tarjota oppilailleen sellaista asiantuntijuutta, mitä oman koulun opettajilla ei ole. Esimerkiksi jos jonkin aineen opiskelijoita on vähän ei heitä varten ole järkevää palkata erikoistunutta opettajaa. Joissakin maissa etäopetus on nähty keinona nostaa opetuksen tasoa, kun erikoistuneet ja kokeneet opettajat voivat järjestää kursseja etäopetuksena. Tämä kohottaa opetuksen tasoa, mutta samalla se lisää koulutuksellista tasa-arvoa, kun haja-asutusalueiden kouluilla on mahdollisuus korkeatasoisempaan ja monipuolisempaan opetustarjontaan. (Lehtinen & Nummenmaa, 2012)

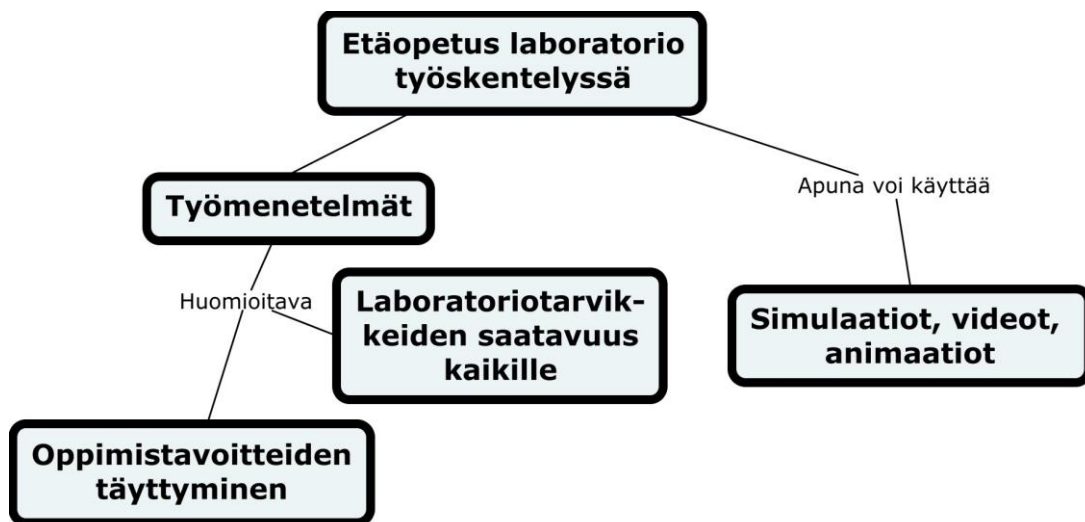
Laboratoriotyö on yleinen piirre kaikessa tiedeopetuksessa. Kun laboratoriotyö siirretään koulun ulkopuoliseksi, huomioon täytyy ottaa työmenetelmien ja oppimistavoitteiden lisäksi myös laboratoriotarvikkeiden saaminen opiskelijoille. (Mawn, 2016)

Vuoden 2003 kemian etäopetustutkimuksessa yliopistotasoisien etäopetuksen havaittiin olevan toimiva vaihtoehto lähiopetukselle. Tutkimukseen osallistuneet etäopiskelija ryhmät (Internetin ja television välityksellä opiskelleet) suoriutuivat

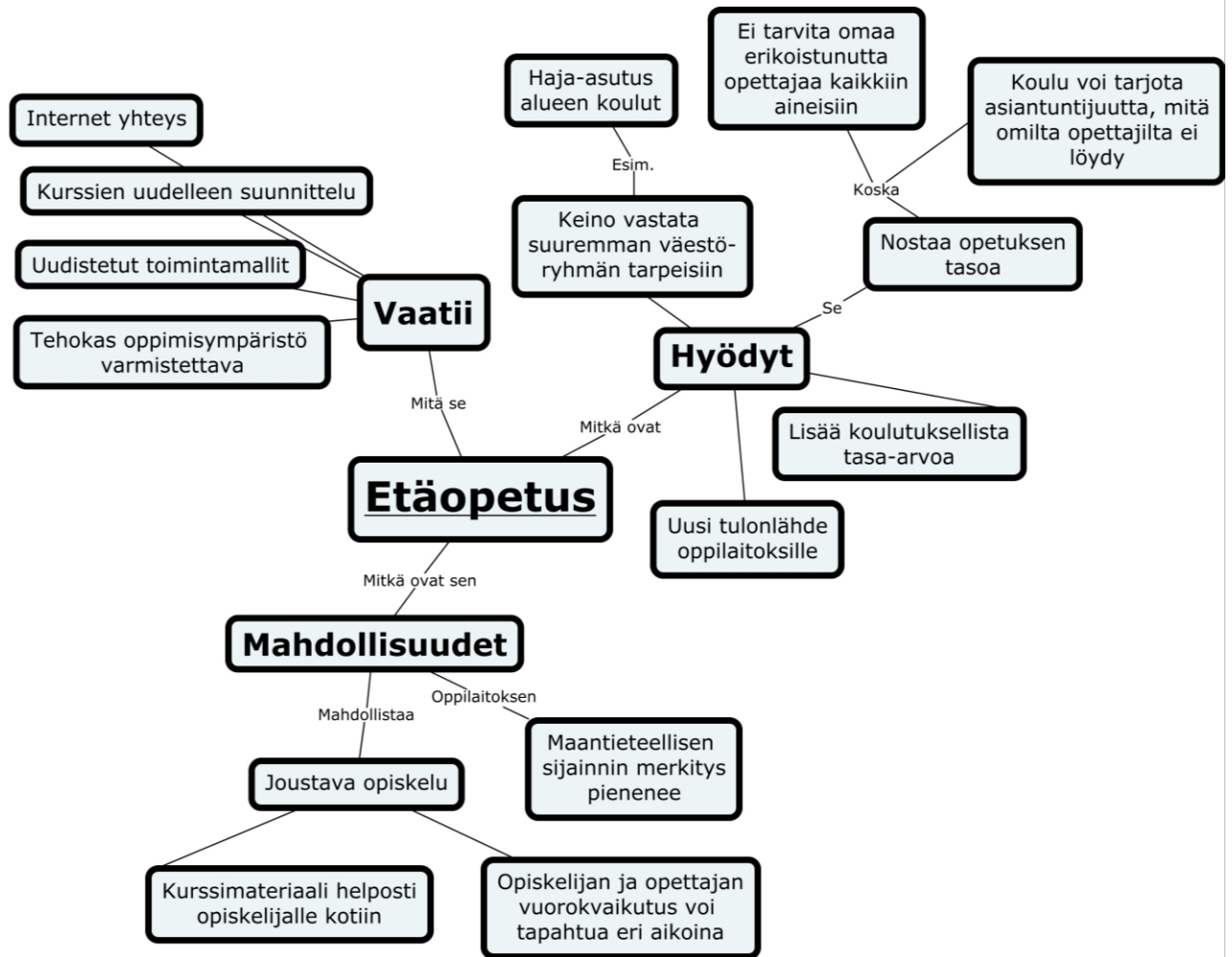
kursseista yhtä hyvin kuin aamu- ja iltalähiopetukseen osallistuneet. Etäopetusryhmissä oli kuitenkin enemmän kurssin keskeyttäjiä, kuin lähiopetusryhmissä (45-52% lähiopetusryhmissä vs. 22-31% lähiopetusryhmissä). (Boschmann, 2003)

Samankaltaisia tuloksia saatiin vuonna 2006 suoritetussa etäopiskelua tutkivassa tutkimuksessa. Tutkimuksessa yhdistettiin virtuaalista laboratoriotyöskentelyä (Simulaatioita, videoita ja animaatioita) perinteiseen laboratoriotyöskentelyyn. Opiskelijat ilmaisivat olevansa yleisellä tasolla tyytyväisiä opetukseen. Tärkeäksi koettiin kurssikalenterit ja erityisen tärkeäksi viikoittainen vuorovaikutus oppilaiden ja opettajan välillä. (Casanova ym., 2006)

Kansainvälinen kirjallisuuskatsaus tukee lukion opetussuunnitelman ajatusta etäopetuksen lisäämisestä Suomessa. On hetkiä, väliaikaisia tai pysyvämpiä, jolloin oppilailla ei ole mahdollisuutta osallistua koulussa järjestettävään opetukseen. Etäopetusta voidaan käyttää myös lähiopetusta rikastavana lisänä opetuksessa. Hyvin suunniteltu ja toteutettu etäopetus voi joissakin tilanteissa olla lähiopetusta parempi ratkaisu. (Lehtinen & Nummenmaa, 2012)



Kaavio 1. Etäopetus laboratoriotyöskentelyssä



Kaavio 2. Mitä etäopetus vaatii sekä sen mahdollisuudet ja hyödyt

3 Tutkimuksellisen työn kuvaus

Työ koostuu kuudesta osasta, jotka on esitelty kappaleissa 3.1 - 3.6. Kokeellisten töiden protolyysireaktion teoriapohja on syytä käydä ensin läpi esim. Mooli 5 -kirjan avulla. Lisäksi antosyaaneihin, joilla on indikaattoriominaisuuksia, löytyy teoriaa liitteestä.

Teoriaan tutustumisen jälkeen opiskelija tekee kotoa löytyvillä aineilla ohjetta seuraten tai soveltaen alla kuvatut työ-osiot. Ohjeet on laadittu valmiiksi, jolloin oppilaan on helppo toteuttaa työ kotiooloissa. Työn tekemiseen opiskelijalta kuluu aikaa noin 75 minuuttia.

Työssä tutustutaan kotona valmistetun luonnon pH-indikaattorin indikaattoriominaisuuksiin, protolyysireaktioon sekä toteutetaan neutralointireaktio. Tässä ohjeessa käytetään indikaattorina punakaalimehua, mutta sen voi halutessaan korvata esimerkiksi mustikka- tai mustaherukkamehulla. (Työn jälkeen indikaattoriliuoksen voi halutessaan pakastaa ja hyödyntää myöhemmin ruokien tai juomien värjäykseen.) Kaikki työvaiheet kuvataan työn suorittamisen varmistamiseksi ja opiskelijan omaa loppuraporttia varten.

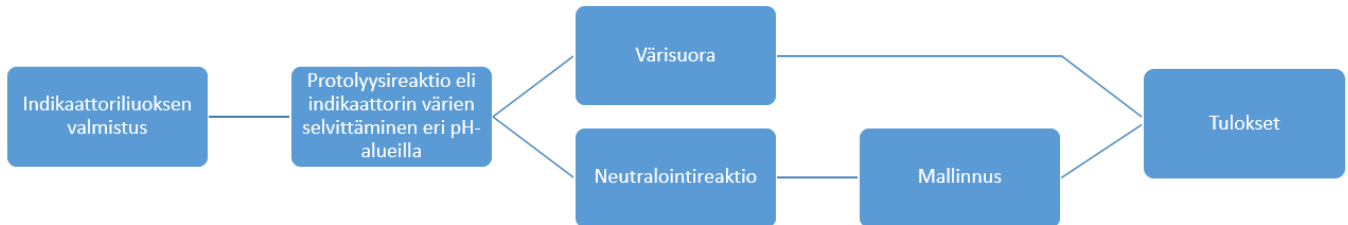
Työssä tarvittavat välineet ja reagenssit on listattu alla ja työn vaiheet on kuvattu kaaviossa 3.

Työturvallisuudessa on syytä noudattaa varovaisuutta terävien keittiöveitsien käytössä ja kuuman liuoksen käsittelyssä. Lisäksi pitää varoa happamien ja emäksisten liuosten joutumista silmiin. Etikkaa ei saa juoda sen ärsyttävän ominaisuutensa vuoksi.

Tarvittavat reagenssit ja välineet:

- pala punakaalia indikaattoriksi
- ruokasoodaa
- väkiviinaetikkaa / viinietikkaa
- kananmunanvalkuaista
- virvoitusjuomaa /
kivennäisvettä
- leikkuulauta
- veitsi
- kattila
- siivilä
- astia siivilöintiliemelle
- laseja

- lusikoita
- lääkeruisku (ei välttämätön)
- tee- ja ruokalusikkamitta (5 ml ja 15 ml)



Kaavio 3. Työn eri vaiheet

3.1 Indikaattoriliuoksen valmistus

Ensimmäisessä vaiheessa opiskelija valmistaa punakaali-indikaattoriliuoksen keittämällä silpuksi leikattua punakaalia ja suodattamalla liuoksen. Liuosta valmistuessa opiskelija tutustuu indikaattoriliuoksen valmistukseen ja erotusmenetelmistä mieleen palautuu uuttaminen ja suodattaminen.



Kuva 1. Punakaali-indikaattorin valmistaminen

3.2 Protolyysireaktio eli indikaattorin värien selvittäminen eri pH-alueilla

Tässä vaiheessa opiskelija tutkii punakaaliliuoksen reaktiota etikan ja ruokasoodan kanssa. Opiskelija tekee protonin siirtymisen itselleen näkyväksi värin muutoksilla. Tämä työvaihe antaa vertailukohdan seuraavassa vaiheessa tutkittavien aineiden pH:lle. Tehtävän tarkoitus on tutustuttaa opiskelija indikaattorin toimintaan



Kuva 2. Indikaattorin värit, emäksisessä, neutraalissa ja happamassa liuoksessa

3.3 Värisuora

Seuraavaksi opiskelija valitsee kotoaan löytyviä näytteitä ja tutkii niiden pH:ta valmistamansa indikaattorin ja vertailuliuosten avulla. Tässä vaiheessa opiskelijan voi olla vaikeaa löytää emäksisiä aineita tutkimukseensa, joten tässä opettaja voi ohjeistaa opiskelijaa tutkimaan pesuaineita, esimerkiksi palasaippuaa.



Kuva 3. Värisuora

3.4 Neutraloitumisreaktio

Opiskelija valitsee edellisessä vaiheessa valmistamistaan liuoksista emäksisen ja happaman liuoksen. Näiden liuosten avulla hän tekee pienimuotoisen titrauksen lääkeruiskun avulla.

Opiskelija pääsee tekemään havaintoja pH:n muuttumisesta indikaattorin värin perusteella ja palauttaa mieleen titrauksen ja neutraloitumisen periaatteen. Opiskelijan tulee pohtia työtä tehdessä, mitä reaktiossa tapahtuu.

3.5 Mallinnus

Neutraloitumisreaktio mallinnetaan MarvinSketch-ohjelmistolla. Jos oppilaan valitsema happo- ja emäsluosten kemialliset kaavat ovat mahdollisia selvittää, opettaja voi ohjeistaa heitä mallintamaan ruokasoodan ja etikkahapon välisen neutraloitumisreaktion. Tämä työvaihe vahvistaa opiskelijan TVT- ja reaktioyhtälön kirjoittamisen taitoja.

3.6 Tulosten käsittely, tulkinta ja johtopäätökset

Lopuksi opiskelija käy tehdyt työvaiheet läpi seuraavien kysymysten avulla:

- Mitä erotusmenetelmiä käytit valmistaessasi indikaattoriliuosta? Mihin aineiden ominaisuuksiin nämä erotusmenetelmät perustuivat?
- Indikaattori on yleensä heikko happo. Mitä tarkoitetaan heikolla hapolla?
- Taulukoi tutkimiesi aineiden indikaattorivärit valokuvien kera ja päättele, onko aine hapan, neutraali vai emäksinen. Onko kyseinen väri peräisin indikaattorin happo- vai emäsmuodosta?
- Minkä aineiden kanssa tutkit neutraloitumisreaktiota? Mistä havaitsit reaktion tapahtuvan. Kirjaa ainakin kaksi seikkaa.
- Mistä voit päätellä liuoksen olevan neutraali?
- Mallinna joko tutkimasi neutraloitumisreaktion tai ruokasoodan ja etikan neutraloitumisreaktion reaktioyhtälö MarvinSketch-ohjelmistolla

Lopuksi opiskelijaa pyydetään kokoamaan työvaiheista otetut valokuvat ja tehdyt tehtävät palautettavaksi tiedostoksi.

Tämä työvaihe auttaa opiskelijaa hahmottamaan tehtävän kokonaisuutena ja lisäämään ymmärrystä.

4 Toteutusehdotus

Etäopetuksen aikana on hyvä pitää yllä kokeellisen työskentelyn taitoja ja huolehtia opetussuunnitelman asettamien tavoitteiden toteutumisesta lukion kemian opiskelussa.

Tämä kokeellinen työ on kehitetty KE5-kurssin opiskelijoille protolyysireaktion, pH-indikaattoreiden ja neutraloitumisreaktion opetuksen yhteydessä käytettäväksi, kun lähiopetus ei ole mahdollista.

Tämä työ tukee tutkimus taitojen kehittymistä ja sen voi tehdä turvallisesti kotikeittiössä kemikaaleilla, jotka eivät vaadi suuria kustannuksia ja mahdollisesti löytyy valmiina opiskelijan kotoa.

Kiitokset

Opetuskokonaisuuden suunnittelijat kiittävät ohjaajiaan Helsingin yliopistosta ja Turun yliopistosta

Viitteet

- Boschmann, E. (2003). Teaching Chemistry via Distance Education. *Journal of Chemical Education*, 80(6), 704. <https://doi.org/10.1021/ed080p704>
- Casanova, R. S., Civelli, J. L., Kimbrough, D. R., Heath, B. P., & Reeves, J. H. (2006). Distance Learning: A Viable Alternative to the Conventional Lecture-Lab Format in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 83(3), 501. <https://doi.org/10.1021/ed083p501>
- Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019. (ei pvm.). Opetushallitus. Noudettu 2. huhtikuuta 2020, osoitteesta <https://www.oph.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/julkaisut/lukion-opetussuunnitelman-perusteet-2019>
- Mawn, M. V. (2016). Science Online: Bringing the laboratory home. Teoksessa *Teaching Science Online: Practical Guidance for Effective Instruction and Lab Work: Vsk. First edition*. Stylus Publishing; eBook Collection (EBSCOhost). <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1302143&site=ehost-live&scope=site>
- Lehtinen, E., & Nummenmaa, M. (2012). *Etäopetuksen lumo: Kansainvälinen kirjallisuuskatsaus*. Turun yliopisto. https://info.edu.turku.fi/etaopetus/images/files/etaopetuksen_lumo.pdf
- Williams, M. L., Paprock, K., & Covington, B. (1998). *Distance Learning: The Essential Guide*. SAGE Publications.