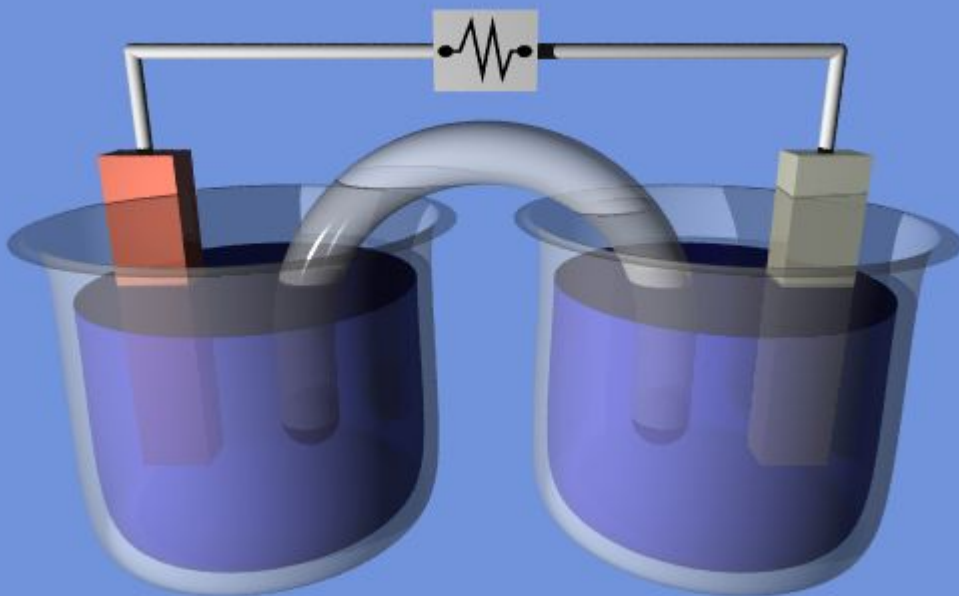

Historiaa ja teknologiaa sähkökemian maailmassa

e-Opas
KE4-kurssin sähkökemian osuuteen



CC-BY-SA

Heli Asuja
Joonas Herranen
Jussi Kaipainen
Eija Mäki



Sisällysluettelo

- 3 → Sähkökemian lukion opetussuunnitelman perusteissa
- 4–6 → Sähkökemian yleisimpiä ennako- ja virhekäsityksiä
- 7–13 → Historiallinen näkökulma sähkökemian opetuksessa
- 14–23 → Oppimispelit ja sähkökemian opetus?
- 24–28 → Kemiallinen jännitesarja ja akkuteknologia
- 29–37 → Opintovierailut sähkökemian hyödyntäviin yrityksiin ja tutkimuslaboratorioihin
- 38–43 → Sisällönanalyysi kurssin KE4 oppikirjoille



Sähkökemian lukion opetus-suunnitelman perusteissa

KE4 - Materiaalit ja teknologia (LOPS, 2015, 159)



Kurssin tavoitteena on, että opiskelija

- osaa käyttää ja soveltaa materiaaleihin ja teknologiaan liittyviä kemian käsitteitä jokapäiväisen elämän, ympäristön ja yhteiskunnan ilmiöissä
- osaa tutkia kokeellisesti ja malleja käyttäen materiaaleihin ja sähkökemian liittyviä ilmiöitä
- harjaantuu ilmaisemaan itseään kemialle ominaisilla tavoilla ja analysoimaan eri tietolähteiden argumentointia
- osaa käyttää tieto- ja viestintäteknologiaa tuotosten muodostamisessa.

Keskeiset sähkökemian liittyvät sisällöt

- kemian merkitys teknologiassa ja yhteiskunnassa
- sähkökemian keskeiset periaatteet: jännitesarja, normaalipotentiali, kemiallinen pari ja elektrolyysi
- kemiallisten reaktioiden laskennallinen soveltaminen



Sähkökemian yleisimpiä ennakko- ja virhekesityksiä



Sähkökemian mielletään haastavaksi kemian kokonaisuudeksi. Opiskelijoiden ennakkokäsityksissä ja niihin liittyvissä heikkouksissa korostuvat sähkökemian liittyvät fysiikan ja kemian käsitteet ja niiden väliset yhteydet. Esimerkiksi käsitteelliset puutteet virtapiirien toiminnasta vaikuttavat oleellisesti siihen, miten elektrolyysikennon toiminta ymmärretään¹.

Virhekesitykset ovat sähkökemiassa erityisen pysyviä. Kennopotentiaalien ja puolireaktioiden taulukoitujen arvojen avulla laskeminen voi onnistua hienosti, mutta opiskelija ei silti kykene tyydyttävällä tasolla sanallisesti selittämään, mitä kemiallisesti hapetus-pelkistysreaktiossa tapahtuu². Opettajan on kyettävä tunnistamaan opiskelijoiden ennakkokäsityksiä, mieluusti ainerajojen yli yhteistyössä fysiikan opetuksen kanssa.

Opettajan tulee pyrkiä tukemaan oikeiden mentaalimallien syntymistä ja vahvistamaan niitä. On tutkimuksellista näyttöä, että esimerkiksi rastityöskentelyyn soveltuvien minikokeiden käyttö lisää opiskelijoiden oikeaa käsitteellistä tietoa³. Minikokeet voivat keskittyä yksinomaan yhteen kysymykseen vastaamiseen, kuten anodien ja katodien tunnistamiseen tai yksittäisen elektrodilla tapahtuvan sähkökemiallisen reaktion todentamiseen indikaattorivärillä.

[1] Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (1992). *Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations*. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(2), 121–142. doi:[10.1002/tea.3660290204](https://doi.org/10.1002/tea.3660290204)

[2] Sanger, M. J., & Greenbowe, T. J. (1997). *Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells*. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 377–398. doi:[10.1002/\(sici\)1098-2736\(199704\)34:4<377::aid-tea7>3.0.co;2-o](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2736(199704)34:4<377::aid-tea7>3.0.co;2-o)

[3] Supasorn, S. (2015). *Grade 12 students' conceptual understanding and mental models of galvanic cells before and after learning by using small-scale experiments in conjunction with a model kit*. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(2), 393–407. doi:[10.1039/c4rp00247d](https://doi.org/10.1039/c4rp00247d)

Yleisimpiä virhekäsityksiä (Garnett & Treagust, 1992)

Suomennettu lista tutkimuksessa identifioiduista virhekäsityksistä

1. Virtapiirit

- a. Kennossa anionien ja kationien välinen sähköinen vetovoima vaikuttaa ionien liikkeeseen elektrodeille.
- b. Elektronit liikkuvat elektrolyytissä liuoksen positiivisesti varautuneiden ionien vetovoiman vaikutuksesta.

2. Sähkövirta

- a. Protonit virtaavat metallisissa johtimissa.
- b. Virta on positiivisten varausten liikettä (protonien).
- c. Sähkövirta on jotenkin erilaista fysiikan ja kemian välillä, koska virran suunta vaihtelee.
- d. Protonit virtaavat elektrolyytissä (riippumatta liuoksen pH:sta)
- e. Elektronit virtaavat elektrolyytissä.
- f. Protonit ja elektronit virtaavat elektrolyytissä vastakkaisiin suuntiin.
- g. Ionien liike liuoksessa ei muodosta sähkövirtaa.
- h. Elektronit liikkuvat liuoksessa ionilta seuraavaan niiden vetovoiman johdosta.
- i. Kun elektrolyytissä kulkee sähkövirta, elektronit liikkuvat ionin kyydissä katodilta anodille.

3. Potentiaaliero ja sähkömotorinen voima

- a. Potentiaaliero kahden pisteen välillä syntyy suoraan varauskonsentraatioerosta pisteiden välillä.
- b. Anodilla on korkea elektronikonsentraatio.
- c. Katodilla on matala elektronikonsentraatio
- d. Elektronit liikkuvat anodilta, jolla on korkea elektronikonsentraatio, katodille, jolla on matala elektronikonsentraatio, ulkoista johdinta pitkin.

Yleisimpiä virhekesityksiä (Garnett & Treagust, 1992)

Suomennettu lista tutkimuksessa identifioiduista virhekesityksistä

4. Hapetus-pelkistys
 - a. Alkuaineen hapetustila on sama kuin saman alkuaineen vapaan ionin varaus.
 - b. Hapetuslukuja tai -tiloja voidaan asettaa moniatomisille molekyyleille tai moniatomisille ioneille.
 - c. Moniatomisen olion varaus kertoo molekyylin tai ionin hapetustilan.
5. Hapetuslukujen käyttö hapetus-pelkistys-reaktioyhtälöiden määrittämisessä
 - a. Reaktioyhtälössä moniatomisen olion varauksen muutoksista voi päätellä redox-yhtälöt.
 - b. Reaktioyhtälössä moniatomisen olion varauksen muutoksista voi päätellä reaktanttien menettämien tai saamien elektronien määrän.
6. Vaihtoehtoisten määritelmien käyttö hapetus-pelkistys-reaktioyhtälöiden määrittämisessä
 - a. Kaikissa reaktioyhtälöissä hapettumisen määritelmää hapen määrän lisääntymisenä ja pelkistymisen määritelmää hapen poistumisena voidaan käyttää hapetuksen ja pelkistymisen tunnistamisessa.
7. Hapetuksen ja pelkistymisen keskinäinen riippuvuus
 - a. Hapetusta tai pelkistystä voi tapahtua yhtä ilman toista.

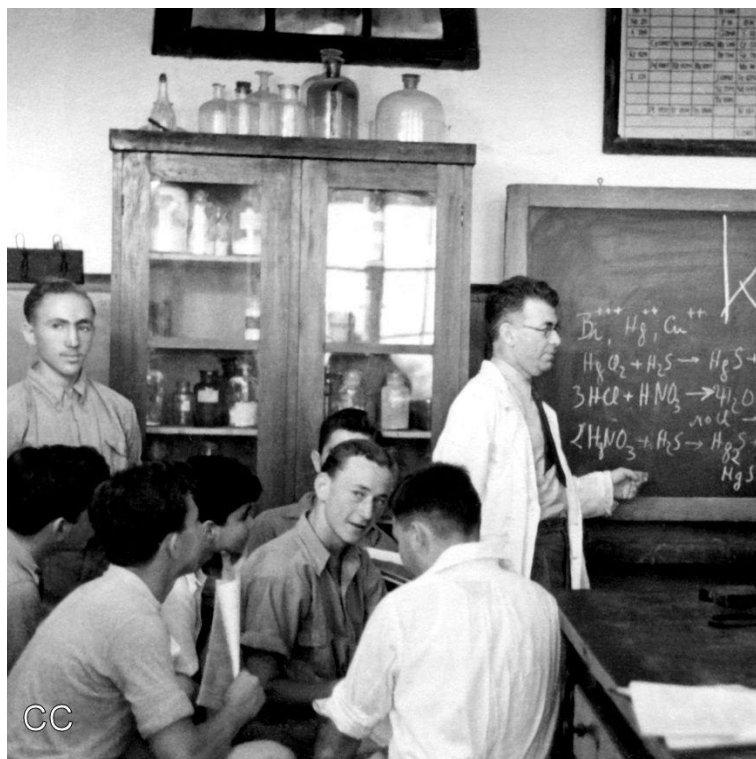
**Historiallinen
näkökulma
sähkökemian
opetuksessa**

Historianäkökulman hyödyntäminen sähkökemian opetuksessa

Historianäkökulmaa hyödyntävässä opetuksessa aihe sisällytetään historialliseen kertomukseen. Tarina voi olla kertomus tieteellisen läpimurron tehneestä tutkijasta tai aiheeseen liittyvistä tapahtumista. Tarinat sisältävät useasti kokeen, joka on johtanut tieteelliseen läpimurtoon. Historiallisen kokeen demonstraatio on yleensä suhteellisen helppo toistaa oppitunnilla. Tällaisia kokeita voivat olla esimerkiksi Voltan pylväs tai Leidenin pullo^{1,2}.

Kertomus tarinoista keksintöjen ja tieteellisten läpimurtojen takana on oppilaita motivoiva opetustekniikka. Kemian teorian sisällyttäminen osaksi historiallista tarinaa auttaa oppilasta jäsentämään oppimaansa suhteessa aikaisemmin opittuun¹.

Historianäkökulman hyödyntäminen innostaa myös niitä oppilaita, jotka eivät välttämättä ole aiheesta kovin kiinnostuneita^{2,3}. Tarinaa hyödyntävään opetukseen voidaan kätevästi sisällyttää opetettavien aiheiden teoriaa ja keksittyjen käytännön kokeiden demonstraatiota.



<https://commons.wikimedia.org/>

Lukion opetussuunnitelman mukaan sähkökemian opetus kuuluu KE 4 -kurssin sisältöön. Opetussuunnitelman mukaan opetuksen tulisi olla aiempaa tutkimuksellisempaa. Historiallisten kokeiden hyödyntäminen on tässäkin suhteessa suositeltavaa. Historianäkökulman hyödyntäminen soveltuu myös seuraaviin lukion opetussuunnitelmassa mainittuihin KE 4 -kurssin tavoitteisiin ja sisältöön:

- hapetusluvun ja hapetus pelkistysreaktio
- sähkökemian perusperiaatteet: jännitesarja, normaalipotentiali, sähkökemiallinen pari ja elektrolyysi⁴.

Edellä mainittujen teemojen historiallisista taustoista löytyy myös paljon kirjallisuutta, jota voi hyödyntää opetusta suunniteltaessa⁵.

Historian avulla voidaan opettaa myös kemian luonnetta tieteenalana. Historiallisten tapahtumien kertominen laajentaa oppilaan ymmärrystä alati kehittyvästä tieteenalasta². Historiaa hyödyntäen voidaan esittää tieteellisen tiedon muuttuvuutta ja tutkimuksen tekemisen vaiheita².

Tapoja käyttää historianäkökulmaa kemianopetuksessa

Kirjallisuudesta löytyy useita historiallisen opetustavan esimerkkejä ja tasoja, kuinka opetustapaa voidaan toteuttaa. Kirjallisuudesta löytyy useita historiallisen opetustavan malliesimerkkejä ja toteutustasoja^{2,3}. Tässä esitellään niistä muutamia:



<https://commons.wikimedia.org/wiki>

Historiallinen koe – opetustapa, jossa opiskelijat saavat itse uudelleen tehdä historiallisen kokeen³. Voidaan tehdä nykyaikaisilla tai alkuperäistä jäljittelevillä laitteilla, valitaan tilannekohtaisesti sopivin.

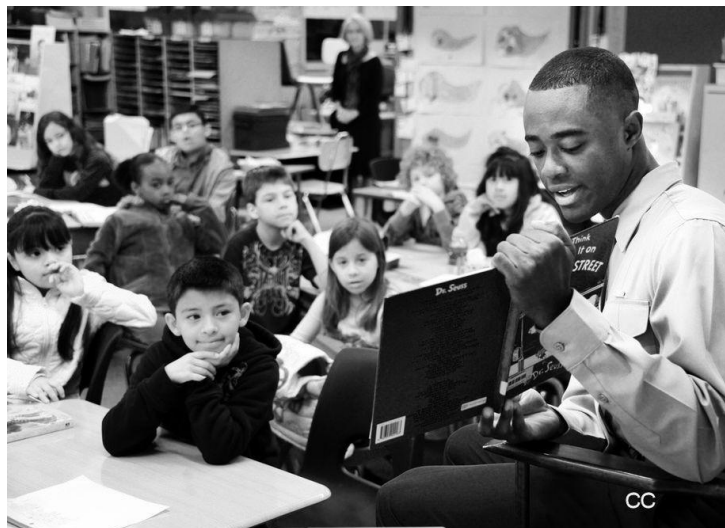
Vastakkainasettelu – keskustelu kahdenvastakkaisen teorian välillä, esimerkiksi väittely Galvanin ja Voltan teorioiden välillä. Opettaa tieteellisen keskustelun tärkeyttä tieteen kehityksen kannalta³.

Lyhyt kuvaus – on opettajan kertoma tarina historiallisesta tapahtumasta tai tapahtumaan liittyvästä henkilöstä. Tarina motivoi oppilaita ja auttaa liittämään opetettavan aiheen teoriaa ja tapahtumia toisiinsa³.

Tapaustudkimus – Kertomus historiallisesta tapahtumista, joissa on sama yhdistävä idea ja teoria. Toisin kuin lyhyessä kuvauksessa, oppilaille on aktiivinen rooli. Voidaan toteuttaa esimerkiksi ryhmätyönä tai posteriesityksenä³. Palapelimalli on myös hyväksi havaittu opetustapa⁵. Tapaustudkimus voidaan tehdä yhteistyössä historian kurssin kanssa.

Vinkkejä historiallisen tarinan kerrontaan

Oppitunti voidaan aloittaa orientoivalla tarinankerronnalla. Kerronnassa merkittäväksi esiin nousee kertojan puhetaito. Tarinankerronnassa on olennaista kertojan puhetaito ¹:



[flicker.com](https://www.flickr.com/photos/stevenlsh Shepard/), kuva: Steven L. Shepard

- Puheen on oltava nopeudeltaan normaalia tavallista tai tavallista hieman hitaampaa.
- Oikeissa paikoissa pidetyillä tauoilla pidetään kertomus mielenkiintoisena ja jännittävänä
- Äänenvoimakkuuden on vaihdeltava esityksen sisällöstä riippumatta
- Esityksen elävyys ja innostuneisuus saavat oppilaan mukaan, vaikka asiaa ei olisikaan niin kiinnostava
- Kielen on oltava huolellista ja ymmärrettävää; puhekieli ja slangi ovat paikoitellen suotavaa
- Harvinaisia sivistyssanoja ja vierasperäisiä sanoja tulisi välttää. Ne tulisi selvittää käytettäessä
- Tarinaa dramatisoimalla esitys saadaan paremmin pysymään mielessä ¹

Eväitä oppitunnille

Seuraavassa on esitetty kaksi historiasta tuttua koetta, joita voi käyttää sähkökemian opetuksessa. Kokeet voidaan tehdä avoimen tutkimuksellisesti, jolloin oppilaat saavat itse suunnitella ja toteuttaa kokeen.

Viitteet:

1. Rantaniemi M. (2010). *Historiallinen lähestymistapa sähkökemian opetuksessa :Tutkiva oppiminen työtapana.* [Master of Science]. Helsingin yliopisto
2. Tolvanen Sea. Tutkiva kemian opettaja: Kemian käsitteiden ja ilmiöiden opetus sekä oppiminen (osa v): Historiallinen lähestymistapa kemian opetukseen 2. (2013). *Lumat: Research and practice in Math, Science and Technology education.*1(4):387-424.
3. Tolvanen S, Jansson J, Vesterinen V-, Aksela M. (2014) How to use historical approach to teach nature of science in chemistry education? *Sci Educ.* 23(8):1605-1636. doi:[10.1007/s11191-013-9646-x](https://doi.org/10.1007/s11191-013-9646-x).
4. Opetushallitus. (2015), *Lukion opetussuunnitelman perusteet.* Helsinki: Next print Oy.

Voltan pylväs, tunnetaan myös Voltan patsaana, on Alessandro Voltan kehittämä koe, joka perustuu sähkökemiallisen parin synnyttämään jännitteeseen⁶. Voltan pylväällä on sähkötekniikan historiassa keskeinen rooli⁷. Ks. lisää Voltan pylvään historiasta ja Galvanain ja Voltan dialogista Ismo Lindellin kirjasta: *Sähkön pitkä historia*⁷. Voltan pylvään demonstraatioita on käytetty opetuksessa hyvällä menestyksellä⁶. Ks. työohje liitteestä 1.

Leidenin pullo on sähkötekniikan historiassa ensimmäinen sähköenergiaa varaava laite. Sen keksi samaan aikaan toisistaan tietämättä fyysikko Ewald Von Kleist ja leidenin yliopiston professori Pieter Van Musschenbroek. Pullo on siis nimetty jälkimmäisen keksijän mukaan¹. Koe on käytännössä suhteellisen helppo toteuttaa ja sopii sähkökemian oppitunnille. Ks. työohje liitteestä 2.

5. Lindell I. (2010). *Sähkön pitkä historia.* 2.th ed. Gaudeamus Helsinki University Press
6. Olsson KA, Balgopal MM, Levinger NE. (2015). How did we get here? teaching chemistry with a historical perspective. *J Chem Educ.* 92(11):1773-1776. doi:[10.1021/ed5005239](https://doi.org/10.1021/ed5005239).
7. Eggen P-, Kvittingen L, Lykknes A, Wittje R. (2012). Reconstructing iconic experiments in electrochemistry: Experiences from a history of science course. *Sci Educ.* 2012;21(2):179-189. doi:[10.1007/s11191-010-9316-1](https://doi.org/10.1007/s11191-010-9316-1).

Liite 1 - Työohje: Voltan pylväs

Tarvikkeet:

- kuparilevyjä
- sinkkilevyjä
- suodatinpaperia
- 1M rikkihappoliuosta
- jännitemittari
- johtimia
- tasainen alusta

Ohjeet:

1. Ota kolme sinkkilevyä, kolme kuparilevyä, suodatinpaperisuikaleita ja 1 M rikkihappoliuosta. Ota tasainen alusta, johon pylväs rakennetaan.
2. Aseta astian pohjalle ensin kuparilevy ja sen päälle rikkihappoliuoksella kasteltu suodatinpaperisuikale. Aseta päälle sinkkilevy.
3. Ota jännitemittari ja aseta se herkkyydelle 2 V. Mittaa johtimilla pylvään jännite alimman kuparilevyn ja ylimmän sinkkilevyn välillä. Ota lukema ylös alla olevaan taulukkoon.
4. Tämän jälkeen aseta peräkkäin kuparilevy, rikkihapolla kasteltu suodatinpaperi suikale ja sinkkilevy. Mittaa taas jännite.
5. Lisää vielä yksi pari, viimeisenä on sinkkilevy. Mittaa jännite.

Miten saat laskettua yhden parin tuottaman jännitteen, kun pareja on useita?

Kupari-sinkkipareja (kpl)	Mitattu jännite (V)
1	
2	
3	

Kysymykset:

1. Miksi metallilevyjen väliin asetetaan rikkihappoliuoksella kasteltu paperi?
2. Lamppu tarvitsee syttyäkseen 1,5 V jännitteen. Montako sähköparia tarvitaan, että lamppu syttyy?

Liite 2 - Työohje: Leidenin pullo

Tarvikkeet:

- muovi- tai lasipullo/purkki (100ml, kierrekorkki)
- vettä
- suolaa
- alumiinifolio
- teräsnaula
- teippiä
- vasara
- liimaa
- sähköleismittari (kapasitanssimittari)



Leidenin pullo

Ohje:

1. Puhdista purkki ja vuoraa se alumiinifoliolla. Käytä teippiä tarvittaessa.
2. Täytä purkki lämpimällä vedellä ja lisää suolaa. Kierrä korkki kiinni tiukasti. Paina teräsnaula korkin läpi, käytä vasaraa tarvittaessa.
3. Tiivistä naulan ja purkin välinen rako liimalla tai jollakin muulla sopivalla aineella (silikoni). Tarkoituksena on, ettei vettä pääse vuotamaan.
4. Laitte on valmis. Voit tutkia kapasitanssia eli Leidenin pullon kykyä tallentaa sähkövarausta. Aseta yksi johto purkin kylkeä suojaavaan alumiinifolioon ja toinen johto naulaan. Voit myös yrittää varata staattista sähköä hankaamalla naulaa esimerkiksi kankaalla. Varautunut sähkö purkautuu kosketettaessa purkin reunaa ja naula samanaikaisesti.

Oppimispelit ja sähkökemian opetus?



Mikä on oppimispeli?



Oppimispelit ovat pelejä, jotka ovat suunniteltu opettamaan jotain tietoa tai taitoa. Niitä voidaan käyttää sekä kotona että koulussa, mutta niiden pääasiallinen tarkoitus on TUKEA OPETUSTA (Saarenpää, 2009).

Erityyppisiä pelejä:

- korttipelejä
- lautapelejä
- digitaalisia pelejä



Kuva: Canva CCo



Kuva: Canva CCo

Tässä oppaassa esitettyjä sähkökemian opetukseen käytettäviä sovellettuja pelejä voidaan käyttää lähinnä opetetun aiheen kertaukseen.

Miksi oppimispeli?



Laadukkaat oppimispelit oikein käytettyinä tukevat oppimista sekä lisäävät oppilaan kiinnostusta ja motivaatiota opittavaan aiheeseen (Johnson & Johnson, 1987) .

Opetusmenetelmä, jonka avulla oppimistapahtuma saadaan muuttumaan opettajakeskeisestä oppilaskeskeiseen (Lujan & DiCarlo, 2006).

Käytettävät oppimispelit perustellusti tukevat opetussuunnitelman sisältöjä ja tavoitteita (Koskinen et al., 2014).

Kemian opetuksen yhtenä tavoitteena onkin kysymysten muodostaminen tarkasteltavista ilmiöistä (Opetushallitus, 2015). Tästä esimerkkinä [Ristinolla](#), jota voi käyttää opetetun asian kertaamiseen.

Mitä hyötyä oppimispeleistä on oppilaalle?

Jostain syystä mitä vanhemmaksi oppilaat käyvät, sitä vähemmän heille tarjotaan koulussa mahdollisuuksia oppimispeluihin (Nemerow, 1996).

Peliin kuuluva suorituspainne koetaan myönteiseksi verrattuna opettajakeskeiseen opiskeluun (Nemerow, 1996).

Hyvin laadittu oppimispeli voi opettaa varsinaisen kemian lisäksi myös 2000-luvun kansalaistaitoja (Koskinen et al., 2014):

- kommunikointia
- kriittistä ajattelua
- luovuutta
- ongelmanratkaisua
- päätöksentekotaitoja
- yhteistyötä



Kuva: Canva CCo

Pelien luonne



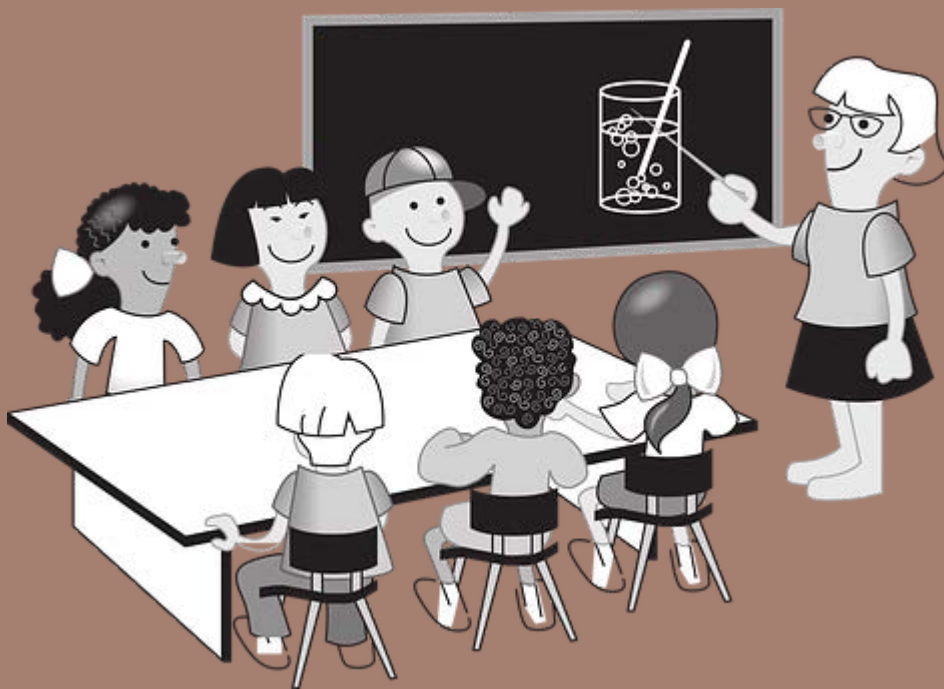
Pelit tarjoavat tuotoksia ja palautetta joista opimme. Pelit perustuvat ennaltasovittuihin sääntöihin ja vuorovaikutukseen. Luontaisia motivaatiotekijöitä ovat muun muassa hyväksyntä, uteliaisuus, sosiaalisuus, kilpailu ja oman kompetenssin parantaminen. Motivaatio toimii energian lähteenä pelaamisessa ja ohjaa käyttäytymistä. (Ängeslevä 2013)

Pelin voittamisen tulisi riippua sekä osaamisesta että onnesta (Gredler, 2004). Siitä oivallisena esimerkkinä tunnilla opitun kertaamiseen käytettävä perinteinen **Tikki**-peli. Se on varmaankin korttipeli, jonka jokainen suomalainen ensimmäisenä oppii.

Pelatessa koetaan tyytyväisyyden ja turhautuneisuuden tunteita: Kaksi vaihtelevaa tunnetilaa ovat yksi oppimiseen ja pelaamiseen sitouttava tekijä (Tüysüs, 2009) ja (Annetta, 2010).



Varsinkin ennen varsinaista pelitilannetta ohjaajan rooli korostuu. Ennen pelin aloittamista opettaja esittelee pelin ja kertoo pelin tavoitteet. Pelin aikana opettajalla on merkittävä rooli: hän voi johdatella pelin kulkua ja auttaa tiedon rakentumisessa. Pelitilanteen jälkeen on opettajan, pelistä riippuen, hyvä käydä läpi pelaajien kohtaamat haasteet, avata niitä yhdessä pelaajien kanssa ja arvioida oppilaiden tietotasoa. Dialogisen argumentoinnin, keskustelun ja yhteisen tiedon konstruoinnin nähdään parantavan oppimista (Tuomisto, 2015).



Kuva: Canva CCo

E-oppaan pelit



Sähkökemia-Alias: Etukäteen valmiiksi leikatuille 12 paperilapulle (Liite 1) on kirjoitettu sähkökemiaan liittyviä sanoja (12 paperilappusta/4 oppilasta). Oppilaista muodostetaan kahden hengen joukkueita, jotka kisaavat toista kilpakaksikkoa vastaan. Vuorotellen jäsenet yrittävät selittää paperiin kirjoitettua sanaa joukkueen toiselle jäsenelle ja toisen on arvattava mistä sanasta on kysymys. Jollei kohtuullisen ajan sisällä toinen jäsen tiedä sanaa, saa toinen joukkue yrittää. Oikeasta vastauksesta saa pisteen. Eniten pisteitä kerännyt kilpakaksikko on voittaja.

Tikki: Ryhmän jokainen jäsen (2-4 henkilöä) vuorollaan sekoittaa ja jakaa kaikille osallistujille 5 korttia. Ohjeet: <https://fi.wikibooks.org/wiki/Korttipelit/Tikki> Kierroksen voittaja saa yhden pisteen ja lisävariaationa kierroksen tikin voittajalle esitetään tunnin aiheeseen liittyvä kysymys. Jos jakajan esittämään kysymykseen vastataan oikein, saa vastaaja vielä yhden lisäpisteen. Pelin voidaan päättää menevän poikki esimerkiksi 10 pisteestä.

Ristinolla: Muodostetaan parit, jotka jakavat samat 12 paperilappusta, joita käytettiin Sähkökemia-Aliaksessa. Vuorotellen pelaajat lisäävät esimerkiksi vihkoon tehtyyn 3X3 ruudukkoon joko X:n tai O:n. Ohjeet: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Ristinolla> Pelin voittaja saa yhden lisäpisteen jos hän osaa muodostaa kysymyksen toisen pelaajan paperilappusessa kirjoitettuununaan. Eniten pisteitä kerännyt voittaa.

Lähteet:

Annetta, L. A. (2010). The "I's" have it: a framework for serious educational game design. *Review of General Psychology*, 14 (2), 105-112.

Gredler, M. E. (2004). Games and simulations and their relationships to learning. Teoksessa D. H. Jonassen (toim.), *Handbook of Research for Educational Communications and Technology* (2.painos)(s. 571-581). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Koskinen, A., Kangas, M., & Krokfors, L. (2014). Oppimispelien tutkimus pedagogisesta näkökulmasta. Teoksessa L. Krokfors, M. Kangas, & K. Kopisto (toim.) *Oppiminen pelissä- Pelit, pelillisyyys ja leikillisyyys opetuksessa*. Tampere: Vastapaino, 33

Lujan, H. L. & DiCarlo, S. E. (2006). Too much teaching, not enough learning: what is the solution? *Advanced in Psychology Education*, 30, 17-22.

Nemerow, L. (1996). Do classroom games improve motivation and learning? *Teaching and Change*, 3 (4), 356-366.

Opetushallitus. (2015). Lukion opetussuunnitelmien perusteet 2015. Luettu osoitteesta:

http://www.oph.fi/download/172124_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015.pdf

Saarenpää, H. (2009). Johdatusta oppimispelien ja pelaamalla oppimisen maailmoihin. *Pelitetieto: Pelien peruskurssi*. Luettu osoitteesta: <http://pelitetieto.net/oppimispelitjahyotypelaaminen/>

Tuomisto, M. (2015), s.71. Oppimispelit kemian perusopetuksessa. Licensiaatintutkielma. Helsingin yliopisto, kemian laitos, kemian opettajankoulutusyksikkö. Luettu osoitteesta:

https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/155096/oppimis_p.pdf?sequence=1

Tüysüs, C. (2009). Effect of the computer based game on pre-service teachers' achievement, attitudes, metacognition and motivation in chemistry. *Scientific Research and Essay*, 4 (8), 780-790.

Ängeslevä, Sonja 2013. Tosielämän midcraftaaminen. Teoksessa Kangas, Marjaana – Kopisto, Kaisa – Leena Krokfors (toim.) *Oppiminen pelissä – Pelit, pelillisyyys ja leikkisyys opetuksessa*. Tampere: Vastapaino. 118-132.

Liite 1: Peleissä käytettävät sanat.

ANODI

KATODI

ELEKTROLYYSI

ELEKTROLYYTTI

JÄNNITESARJA

ELEKTRODI

ANIONI

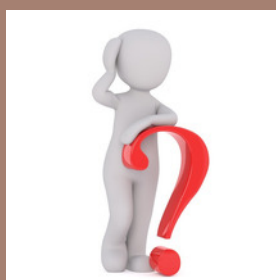
KATIONI

KORROOSIO

HAPETTUMINEN

PELKISTYMINEN

SUOLASILTA

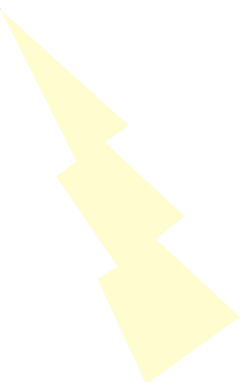


Kuva: Pixabay, 3dman_eu, CCo



Kemiallinen jännitesarja ja akkuteknologia

Sähkökemian teknologian ja
OPS-sisällön yhdistäminen



Tuore katsaus teoriaan ja haasteisiin

Kolme keskeisintä OPS-sisältöä¹:

- sähkökemian keskeiset periaatteet: **jännitesarja, normaalipotentiali, kemiallinen pari** ja elektrolyysi
- hapetusluvut ja **hapetus-pelkitysreaktiot**
- **metallien** ja polymeerien ominaisuudet, käyttö ja elinkaari

Lisäksi:

- atomin ulkoelektronirakenne ja jaksollinen järjestelmä alkuaineiden jaksollisten ominaisuuksien selittäjänä
- kemian merkitys teknologiassa ja yhteiskunnassa

Sähkökemian mielletään haastavaksi kokonaisuudeksi, joka tarjoaa haasteita kemian kolmella tasolla: analyyttisellä (puolireaktiot), mikro- (redox-yksityiskohtat) ja makrotasolla (teknologiset sovellukset). Aiheen monipuolisuus synnyttää monimuotoisia opetusmenetelmiä. Tämän oppaan tarkoituksena on valottaa sähkökemian opetuksen mahdollisuuksien kirjoa, erityisesti kytkemällä siihen liittyvän teknologian kehityskaaren uusimpiin lukion opetussuunnitelman perusteisiin.

Historiallinen näkökulma sähkökemialliseen teknologiaan on erityisen houkutteleva, sillä OPS:n mukaiset keskeiset periaatteet eivät muutu lainkaan, käsiteltiinpä ensimmäistä sähköparia tai uusinta akkuteknologiaa. Historialliset kokeet ovat usein helposti toteutettavissa, ja on tutkimuksellista näyttöä, että historiallinen konteksti tuo opetukseen väriä ja motivoi opiskelijoita².

Opetusvierailut tutkimuslaitoksiin tuovat nykyaikaisen, poikkitieteellisen näkökulman kemian tutkimukseen sellaisilta osin, jotka jäävät luokkatyöskentelyn saavuttamattomiin³. Koska energiateknologia on kriittinen osa nyky-yhteiskuntaa myös kemiallisten sovellusten osalta⁴, on sähkökemian keskeisesti mukana lähes missä tahansa eheyttävässä opetuskokonaisuudessa kestävästä kehityksestä mini-YK:hon.

Ongelmiakin sähkökemian opetuksessa on. Erityisesti uusimpien teknologioiden tapauksessa kehitys vie maton helposti opettajankin alta. Teknologioiden opetukseen liittyvää tutkimusta on usein vähän, ovathan teknologiatkin aivan tuoreita. Tämän ei kuitenkaan kannata antaa lannistaa, sillä juuri sähkökemian poikkitieteellisyys ja keskeisyys tekevät monista puhtaista tutkimusartikkeleista mainioita opetusmateriaaleja selkeiden kuvien ja hyvien tiivistelmien muodossa⁵.

Seuraavilla sivuilla tarjotaan herätteleviä lukupalasia niin keskeisimmistä sähkökemian sisällöistä kuin niiden sovelluksista uusimman akkuteknologian kontekstissa. Näiden *valittujen palojen* tarkoituksena on valottaa sitä, kuinka liittää välitön teknologinen tulevaisuutemme opetukseen.

¹ Lukion opetussuunnitelman perusteet, s.157-160. Opetushallitus. (2015). Helsinki: Next Print OY. ISBN 978-952-13-6199-9

² Eggen, P.-O., Kvittingen, L., Lykknes, A., & Wittje, R. (2011). Reconstructing Iconic Experiments in Electrochemistry: Experiences from a History of Science Course. *Science & Education*, 21(2), 179–189. DOI:10.1007/s11191-010-9316-1

³ Small, L. J., Wolf, S., & Spoerke, E. D. (2014). Exploring Electrochromics: A Series of Eye-Catching Experiments To Introduce Students to Multidisciplinary Research. *Journal of Chemical Education*, 91(12), 2099–2104. DOI:10.1021/ed500238j

⁴ Luo, X., Wang, J., Dooner, M., & Clarke, J. (2015). Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. *Applied Energy*, 137, 511–536. DOI:10.1016/j.apenergy.2014.09.081

⁵ Yoo, H. D., Markevich, E., Salitra, G., Sharon, D., & Aurbach, D. (2014). On the challenge of developing advanced technologies for electrochemical energy storage and conversion. *Materials Today*, 17(3), 110–121. DOI:10.1016/j.mattod.2014.02.014



Humphry Davy

Historiaa lyhyesti

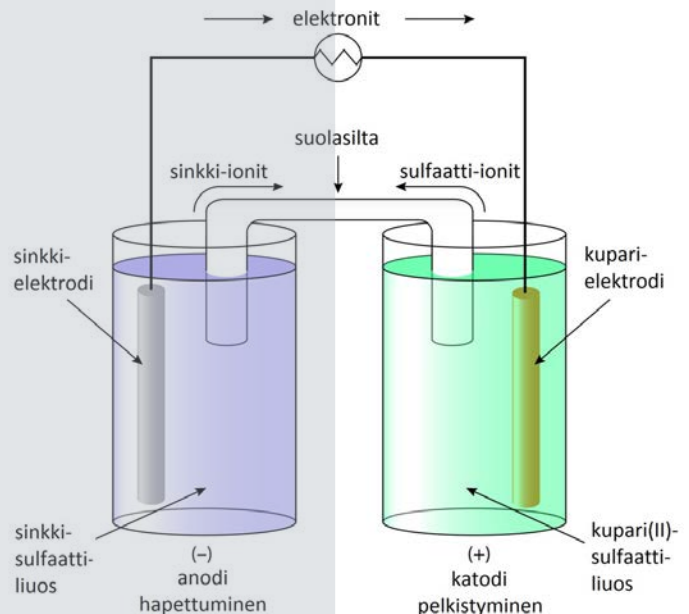
Sähkökemiallisista keksinnöistä ensimmäisiä oli Galvanin havainto "eläinsähköstä". Voltan käsittelyssä keksintö kehittyi sähköpariksi (*Voltan pari*), joka koostuu kahdesta eri metallista ja niiden välissä olevasta elektrolyyttiliuoksesta. Ensimmäinen jatkuvaa sähkövirtaa tuottava laite oli valmis!

Eheyttävä lisä fakta: Voltan pari oli eräs kemisti Humphry Davyn suosikeista, ja inspiroi epäsuorasti myös erään Michael Faradayn tutkimuksia. Sähkökemian vaikutti siten merkittävästi 1900-luvun teknologian kehityksen kannalta tärkeimmän fysiikan alan, elektrodynamiikan, syntymään!

Metallien jännitesarja

Kahden elektrolyyttiliuoksen välityksellä yhdistetyn eri metallin välille muodostuu jännite, kun rakennetaan Voltan pari tai *galvaaniseksi kennoksi* kutsuttu laite. Jännite on sitä suurempi, mitä suurempi on ero metallien jaloudessa.

Mittaamalla jännite eri metallien välillä galvaanisissa kennoissa saatiin muodostettua *metallien jännitesarja*. Jännitesarja kuvaa metallien taipumusta muodostaa yhdisteitä, toisin sanoen niiden alttiutta hapettua tai pelkistyä. Vety erottaa epäjalot metallit jaloista.



Esimerkki galvaanisen kennon rakenteesta
[Hazmat2 - [Wikimedia CC BY 3.0](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galvanic_cell_diagram.png)]

Epäjalot metallit

Li K Ba Ca Na Mg Al Zn Cr Fe Co Ni Sn Pb

← kasvava epäjalous

Jalot metallit

H Cu Hg Ag Au

kasvava jalous →

Metallien jännitesarja

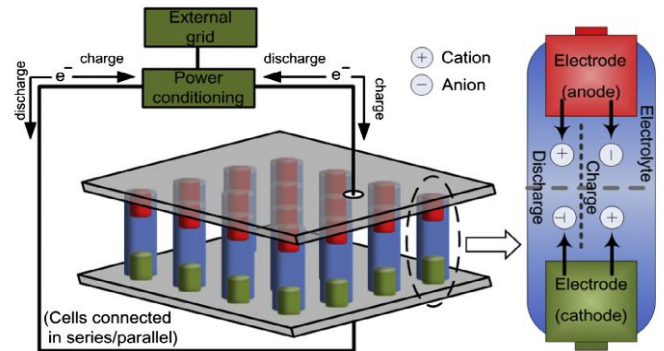
Normaalipotentiali

Systemaattista taulukointia varten keskitytään eri aineiden pelkistymispotentialin tutkimiseen. Verrokiksi on valittu *standardivetyelektrodi*, jonka potentiaali on aina 0 V. Toisin sanoen tätä standardia vasten mittaamalla kennoreaktion synnyttämä jännite saadaan määritettyä pelkistymisreaktion jännite mille tahansa aineelle.

Kemiallinen energiatalous

Viime vuosikymmenien muutokset, kuten jatkuvasti mukana kannettavat tietokoneet ja sähköautojen uusi tuleminen, ovat tehneet akuista monien teknologiaharrastajien suurimman riippakiven. Akkujen aiheuttama mielipaha perustuu opettajan kannalta onnelliseen tosiasiaan: taustalla olevat kemialliset periaatteet eivät ole vuosien saatossa muuttuneet. Siksi suoraan normaalipotentialien ja kennoreaktioiden tullessa tutuksi voidaan pyrkiä ymmärtämään aiheisiin liittyviä teknologisia sovelluksia.

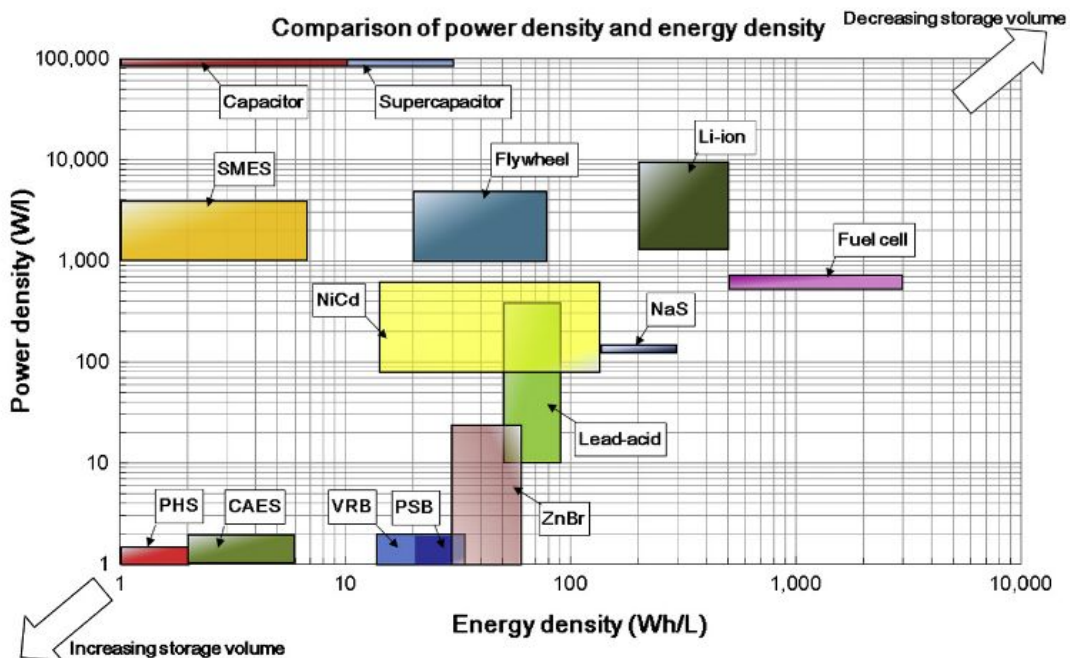
Jokainen akku on sekundäärinen sähköpareista muodostettu paristo. Sekundäärisuus tarkoittaa, että pariston koostumuksesta riippuvat kennoreaktiot voidaan pakottaa tapahtumaan molempiin suuntiin, eli akku voidaan myös ladata. Elektronit siirtyvät materiaaleista riippumatta aina akun purkautuessa anodilta katodille ja päinvastaiseen suuntaan akkua ladattaessa.



Sekundäärin pariston toimintaperiaate

X. Luo et al./Applied Energy 137 (2015) 511-536

Litium-ioniakut (Li-ion) ovat yleisesti käytetty akkutyyppe. Li-ion-akuissa katodi on jokin litium-metallioksidi, kuten LiCoO_2 tai LiMO_2 , ja anodi grafiittia. Elektrolyyttinä käytetään yleisestä orgaanista liuotinta, jossa liuenneena on litiumsuoloja, kuten LiClO_4 . Tämän akkutyypin R&D-toiminta liittyy ensisijaisesti materiaalitutkimukseen, kuten nanoskaalan komponenttien tai kehittyneiden materiaaliavaintojen tutkimukseen niin elektrodeissa kuin näiden välisessä elektrolyytissä.



Kemiallinen energiavaro on erinomainen kompromissi, mikä on eräs syy niiden yleisyyteen

X. Luo et al./Applied Energy 137 (2015) 511-536

3 x 3 opetusvinkkiä käytäntöön

Eheyttävät kokonaisuudet

1. Mielikuvitus käyttöön! Koulussa ei ole ainetta, joka ei kytkeytyisi kemiaan sähkökemiallisen teknologian kautta
2. Teknologia perustuu muuttumattomina pysyneisiin kemiallisiin totuuksiin, joten juuri tässä aiheessa ei asiasällöstäkään ole pakko antaa tuumaakaan periksi.
3. Opetussuunnitelman voi kaikkine kauniine tavoitteineen laittaa parhaiten käytäntöön, kun aihe on aidosti poikkitieteellinen, teknologinen ja tulevaisuutemme kannalta keskeinen.



Muotoilijan vai kemian sanelemaa suunnittelua? Ken tietää, mutta akkua joka tapauksessa autoon on mahdollista kilokaupalla.

[Steve Jurvetson - [Flickr](#)]

Normaali luokkaopetus

1. Aiheessa yhdistyvät luontevasti niin historia, kemian symbolinen taso ja laskennallisuus kuin kokeelliset menetelmät.
2. Jokaiselle on varmasti jotakin: yksinkertaisia kokeita on helppo toteuttaa missä vain, ja onpahan nykYTEknologiaakin taskuissa tarjolla tutkittavaksi.
3. Suoritusorientoituneita opiskelijoita on suoraviivaista motivoida aiheella, joka todennäköisesti liittyy esimerkiksi uskottavan äidinkielen esseen kirjoittamiseen.

Vierailut

1. Sijainnista riippuen sähkökemiasta riippuvaisia yrityksiä, laitoksia tai yhdistyksiä on joko runsaasti tai erittäin runsaasti.
2. Teknologian käyttäjät tai kehittäjät tuntevat akkujen verrattain hitaan kehityksen vuoksi alan historian kuin omat taskunsa
3. Joskus vuori liikkuu myös koulujen luo: on hyvä olla selvillä oman koulun yritysysteistä, tai jopa tehdä uusia avauksia sen suhteen. Nuorissa se tulevaisuus on, orastavan talouskasvun aikana se tajutaan helpommin yrityksissäkin.

OPINTOVIERAILUT
SÄHKÖKEMIAN ALAN
YRITYKSIIN JA
TUTKIMUSYKSIÖIHIN

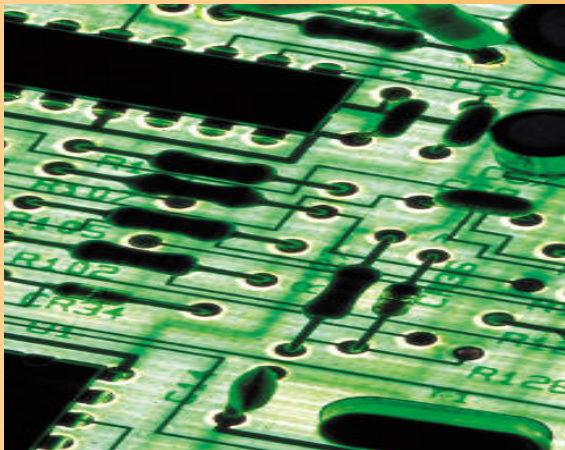
Sähkökemialla hyödynnetään teollisuudessa ja teknologiassa

Moderni, uusinta teknologiaa hyödyntävä yhteiskunta pohjautuu merkittävästi metallien varaan. Maapallon malmi- ja mineraalivarastot sekä niiden hyödyntäminen vaikuttavat suoraan teolliseen toimintaan, maailmantalouteen sekä sotilaalliseen valmiuteen. Vuonna 2016 suuri osa (34,1 %) Suomen tavaraviennistä koostui metalliteollisuuden tuotteista kuten muun muassa koneista, laitteista, metalleista, kulkuneuvoista ja muista metallituotteista (Elinkeinoelämän Keskusliitto, 2017). Sähkö- ja elektronikkateollisuus puolestaan kattoi 12,2% tavaran viennistä (Elinkeinoelämän Keskusliitto, 2017). Sähkökemialla hyödynnetään muun muassa metallien jalostuksessa ja pinnoittamisessa sekä pattereissa, akuissa ja polttokennoissa.



Anodielektrolyysin kennoja. (Kuva Flickr J. Henrikson CC0)

Opintovierailut uusimmassa lukion opetussuunnitelman perusteissa



Vuoden 2015 lukion opetussuunnitelman perusteissa on mainittu **aihekokonaisuudet**, jotka ovat yhteiskunnallisesti merkittäviä kasvatus- ja koulutushaasteita. Käytännössä aihekokonaisuudet ovat oppiainerajat ylittäviä teemoja ja laaja-alaisia osaamisalueita. Yhtenä aihekokonaisuutena opetussuunnitelmassa on teknologia ja yhteiskunta, jonka tavoitteena on syventää opiskelijan ymmärrystä teknologisen ja yhteiskunnallisen kehityksen vuorovaikutteisuudesta (LOPS, 2015). LOPS:in mukaan ”teknologian avulla ihminen rakentaa maailmaa tarpeidensa pohjalta ja kehityksen vuorovaikutteisuudesta”. Yhdistämällä luokahuoneopetukseen onnistunut vierailu kemian alan yritykseen tai tutkimuslaboratorioon täytetään uuden LOPS:in mukaisesti tavoite: ”oppilas oppii yhteistyön taitoja ja yrittäjyyttä sekä tutustuu teknologisilta ratkaisuiltaan kiinnostaviin yrityksiin ja innovatiivisiin työelämän toimijoihin”. Tällaiset vierailut voidaan toteuttaa yhteistyönä eri oppiaineiden opettajien kanssa.

LOPS:in materiaalit -ja teknologia kurssin (KE4) **keskeisistä sisällöistä** ainakin: kemian merkitys teknologiassa ja yhteiskunnassa, sähkökemian keskeiset periaatteet ja yhteistyön rooli kemiallisen tiedon tuottamisessa sekä tutkimuksen tai ongelmanratkaisun ideointi ja suunnittelu voidaan onnistuneesti sisällyttää opintovierailuihin.

Miksi järjestää opintovierailu?



Kuva: wikipedia (Patricia McMurphy, CC0)

- Opintovierailu sähkökemian alan yrityksiin lisää lukiolaisen ymmärrystä alasta sekä antaa kuvan erilaisista uravaihtoehdoista.
 - Monelle oppilaalle ovat yleisemmät ammatit kuten lääkärin tai opettajan työnkuvat tuttuja, mutta kemistin tai kemian alan diplomi-insinöörin ammatista nuori ei välttämättä tiedä juuri muuta kuin että he työskentelevät laboratoriossa erilaisten kemikaalien kanssa. Kemistin työ on kuitenkin hyvin monipuolista riippuen työtehtävistä ja kemian alasta.
- Oppimisympäristön vaihdos, erilainen opetustapa ja rutiineista poikkeaminen herättää nuorena mielenkiintoa (Sajaniemi, 2015).
- Oppilas pääsee konkreettisesti havaitsemaan miten sähkökemian ilmiöt toimivat käytännössä.
- Vahvistaa oppilaiden positiivisia asenteita kemiaa kohtaan (Dillon et al., 2006).
- Luokkahuoneen ulkopuolella suoritettava opetus kehittää enemmän oppilaan kognitiivisia taitoja kuin luokkahuoneessa pidettävä opetus (Eaton, 2000).



Alumiinia valmistetaan elektrolyyttisesti pelkistämällä alumiinioksidista. (Kuva Pixabay webandi CC0)

Onnistunut opintovierailu

- Opintovierailun on tutkittu olevan hyödyllisin, kun se sisältää tutkimusosion, seminaarin sekä esittelykierroksen, jossa oppilaalle esitellään mahdollisimman kattavasti yrityksen uusinta tekniikkaa (Malbrecht et al., 2016).
- Oppilas oppii parhaiten ollessaan aktiivinen. Maksimaalinen hyöty opintovierailusta saadaan, kun oppilas itse osallistuu, jos mahdollista jonkin ongelman/tehtävän ratkaisuun vierailun aikana.
- Syvällisempää oppimista myös tapahtuu, kun oppilas voi seurata tutkimuksen/prosessin suoritusta alusta loppuun, kuin jos hän vain havainnoi jotakin prosessin vaihetta.

Mahdolliset haasteet opintovierailulle

Uusi ja erilainen ympäristö voi tuoda myös oppimiselle haasteita, jotka opettajan tulee huomioida. Näitä voivat olla (Dillon etc., 2006):

- Oppilaan/opettajan pelko tai huoli turvallisuudesta ja terveydestä
- Opettajan epävarmuus opettaa luokkahuoneen ulkopuolella
- Koulun lukujärjestyksen joustamattomuus
- Ajan, resurssien ja tuen puute
- Opintovierailulla opittava aineisto menee liian kauas oppimistavoitteista



Kuva pixabay jarmoluk CC0

Vinkkejä vierailuun



- Aloita vierailun suunnittelu ajoissa
- Ota hyvissä ajoin yhteyttä yritykseen ja selvitä:
 - Onko yritykseen tehty aikaisemmin lukiovierailuja
 - Jos mahdollista käy opintovierailukohteessa etukäteen. Keskustele kohteessa vierailuista vastaavan henkilön kanssa ja kerro hänelle ne asiat, jotka haluaisit oppilaittesi oppivan. Kysy onko heillä ehdotuksia aktiviteetteihin, joita tehdään ennen ja jälkeen vierailun (Eshach, 2007)
 - Onko heillä jo lukiolaisille sopivaa materiaalia valmiina (tehtäviä, esitys, kierros)
 - Ajankohta vierailulle¹ (on hyvä olla joustava aikatauluissa, näin pääsee vierailulle todennäköisemmin)
- Suunnittele vierailu hyvin:
 - Tutustuta oppilaat vierailuun liittyvään sähkökemian aiheeseen jo ennen vierailua näin oppilaat saavat enemmän irti vierailusta ja pystyvät esittämään tietoansa syventäviä kysymyksiä
 - Tutustuta oppilaat etukäteen myös yritykseen ja tehkää ennakkotehtäviä
 - Esittelykierroksen aikana voi olla hyvä tehdä tehtäviä, kuitenkin niin ettei se häiritse aiheeseen keskittymistä. Esittelijän kanssa voidaan sopia vaikka, että hän pitää pieniä taukoja, jolloin oppilaat voivat kirjata ylös vastauksia.
 - Yhtenä tehtävänä voivat oppilaat keksiä kysymyksiä esittelijälle¹.
 - Vierailun jälkeen oppilaiden on myös hyvä tehdä tehtäviä oppimistaan asioista. Näin opittu asia jää paremmin mieleen.
 - Vierailulla opitut asiat puretaan opettajan kanssa seuraavalla oppitunnilla. Oppilaat voivat tehdä vierailusta esim. esitelmän tai kirjallisen työn (yhteistyönä esim. äidinkielen opetuksen kanssa).

Sähkökemian alan yrityksiä ja tutkimuslaboratorioita

Sähkökemialla hyödyntäviä tutkimuslaboratorioita/ryhmiä ja yrityksiä, joista voi kysellä opintovierailumahdollisuudesta

Polttokennot

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (Espoo)

Polttokennot ovat uusinta teknologiaa hyödyntävä tapa tuottaa sähköä tehokkaasti ja pienillä päästöillä. Polttokennoissa vetyä tuotetaan elektrolyysillä. VTT:llä keskitytään erityisesti matalan ja korkean lämpötilan polttokennoteknologioihin.

Yhteystiedot:

Research Team Leader, Project Manager

Himanen Olli

p. 040-3526298

olli.himanen@vtt.fi

Research manager, Senior Principal Scientist,

Kiviaho Jari

p. 0505116778

jari.kiviaho@vtt.fi

Sähkökemiallisen energian varastointi (paristot, akut ym.)

Aaltoyliopisto Department of Chemistry and Materials Science (Espoo)

Professori Tanja Kallion tutkimusryhmä tutkii ja kehittää uusia materiaaleja sähkökemiallisten reaktioiden muuttamiseksi energiaksi. Tutkimusryhmä kehittää jo olemassa olevia sovelluksia sekä luo kokonaan uusia teknologioita. Tutkimusaiheita ovat mm. polymeerejä elektrolyytinä käyttävät polttokennot, litiumakut ja superkapasitaattorit .

Yhteystiedot:

Tanja Kallio

tanja.kallio@aalto.fi

Web-sivu:

http://cmat.aalto.fi/en/research_groups/physical_chemistry_electrochemistry/kallio/

Cellpac Oy (Korsnäs)

Korsnäsissä sijaitseva perheyritys, joka on erikoistunut eri käyttötarkoituksiin soveltuviin paristoihin ja akkuihin. Yritys valmistaa ja asentaa ladattavia akkupaketteja sekä tekee kennotuksia ja huoltoja.

Yhteystiedot:

Silverbergsvägen 8

66200 Korsnäs

p. 06-3641565

info@cellpac.net

Metallien jalostus elektrolyttisesti

Boliden Oy (Kokkola, Harjavalta ja Pori)

Boliden Kokkola on vuodessa 315 000 tonnia tuottava Euroopan toiseksi suurin sinkkitehdas. Tehtaan päätuotteet ovat puhdas sinkki ja siitä valmistetut sinkitystuotteet.

Boliden Harjavalta ja Pori. Kupari- ja nikkelisulatto sijaitsee Harjavallassa ja kuparielektrolyysi tehdään Porissa. Päätuotteet ovat kupari, nikkeli, kulta ja hopea.

Yhteystiedot:

Boliden Kokkola

Sinkkiaukio 1 Kokkola

p. 06-8286111

Info.kokkola@boliden.com

Boliden Harjavalta

Teollisuuskatu1, Harjavalta

p. 02-5358111

Info.harjavalta@boliden.com

Teollisten sähkökemian perustuvien teknologioiden valmistus

Outotec Oyj (Espoo ja Lappeenranta)

Outotec Oyj on Outokumpu Oyj:stä erkaantunut suunnittelu- ja asiantuntijayritys. Se on teknologiayhtiön lisäksi projektiyritys, joka myy monimutkaisia kaivosteknologioita. Outotec on mukana laitoshankkeissa, jotka se ensin suunnittelee ja sitten toteuttaa itse tai yhdessä kumppaniensa kanssa.

Yhteystiedot:

<http://www.outotec.fi>

Viitteet

Dillon, J., Rickinson, M., Teamey, K., Morris, M., Choi, M. Y., Sanders, D., Benefield, P. (2006) The Value of outdoor learning: evidence from research in the UK and elsewhere. *School Science Review*, 87, 320, 107.

Eatin, D. (2000) Cognitive and affective learning in outdoor education. *Dissertation Abstracts International – Section A: Humanities and Social Sciences*, 60, 10-A, 3595.

Elinkeinoelämän Keskusliitto, 2017. Luettu sivustoilta:

<https://ek.fi/mita-temme/talous/perustietoja-suomen-taloudesta/ulkomaankauppa/>

Eshach, H. (2007) Bridging In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 2, 171.

Malbrecht, B.J., Cambell, M.G., Chen, Y-S., Zheng, S-L., Teaching Outside the Classroom: Field Trips in Crystallography Education for Chemistry Students. *Journal of Chemical Education*, 93, 1671.

Sajaniemi, N., Suhonen, E., Nislin, M., Mäkelä, J. E., 2015. Stressin hallinta, Bookwell Oy, s. 167-181.

Opetushallitus, Lukion Opetussuunnitelman Perusteet 2015, Määräykset ja ohjeet, 2015.

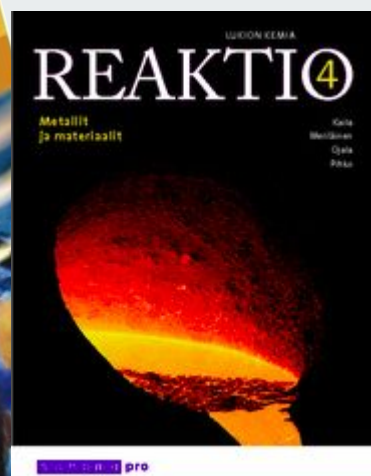
Internet lähteet:

¹ <https://maluyhteiskunnassa.files.wordpress.com/2016/05/neste1.pdf>



Sisällönanalyysi kurssin KE4 oppikirjoille

Mooli, Kemisti ja Reaktio
LOPS 2003:n mukaisesti



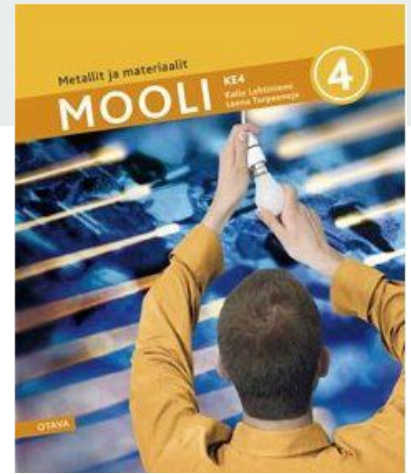


Taustaa

Kemian oppikirjat ovat muutoksen partaalla juuri jalkautetun uuden opetussuunnitelman vuoksi. Uutta oppimateriaalia julkaistaan kurssien etenemisjärjestyksessä, ja loppuvuodesta 2017 painotuoreena odottivat KE4-kurssin kirjat uusia omistajiaan.

Opetusta suunniteltaessa oppimateriaali on syytä tuntea. Tähän e-oppaaseen tarjoamme analyysin vanhan opetussuunnitelman mukaisten kirjojen sähkökemian osa-alueesta. Näin lukija saa perspektiiviä myös uusien oppikirjojen mukanaan tuomista muutoksista.

Sisällönanalyysissä erittelemme kirjojen sisältämät aihealueet Mooli-kirjan järjestystä noudattaen. Erittely on taulukoitu, jolloin taulukoiden muoto (solujen sisällön määrä) antaa yleiskuvan kirjasarjojen eroista.

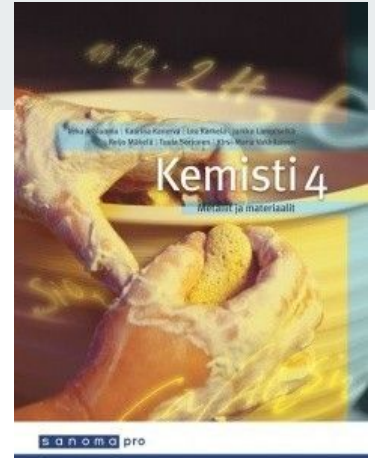


Lehtiniemi, K. & Turpeenoja, L.
(2014) *Mooli 4 KE4 Metallit ja materiaalit*. Helsinki, Otava.

Mooli

Tarkastelluista ainoastaan, jossa ei ole *sähkökemian*-nimistä osuutta lainkaan. Akut, paristot ja polttokennot eristetty lisätietoa-osioon.

Mooli s.40-61	Aihealue	Teksti	Kuvat ja taulukot	Huomioita
s.40	Spontaani hapetus-pelkistysreaktio (kuparin ja hopealiuoksen avulla) tuottaa sähkövirtaa galvaanisessa kennossa		Koejärjestely, jossa reaktio alku- ja loppuvaiheissaan	Aloitaa sähkökemian käsittelyn kirjassa
s.41	Daniellin pari. Sinkki-kupari-parin spontaani reaktio	Suolasilta, hapettuminen-pelkistyminen daniellin parissa yksityiskohtaisesti kuvattuna. Kennokaavio lopuksi erikseen.	Daniellin parin kaavio, Daniellin parin koejärjestely	Sinkki-kupari-pari suolasillalla esitetty aiheen alussa. Ei mainittu Daniellin olevan esimerkki galvaanisesta kennosta. Kuattu ensisijaisesti kaaviona ilman atomitasoon kuvaa. Valokuva koejärjestelystä marginaalista. Anodia ja katodia ei ole esitelty elektrodien yhteydessä, vaan puhutaan kohtioista.
s.42	Sähköparin laskennallinen jännite	Potentiaalienergiaeron määrittely putouksesimerkillä. Parin lähdejännite. Normaaliivetyelektrodi. Normaalipotentialiarvot. Jännitesarja esitetty tekstissä ilman viitettä taulukkoon	Putouksesimerkissä valokuva putouksesta yhdistetty paristopiirroksen. Piirros normaaliivetyelektrodista koejärjestelyssä. Piirros normaalipotentialin mittaamisen koejärjestelystä.	Syventävää tietoa sähköparin käytännön sovelluksista (kuivapari, nappiparit)
s.47	Elektrolyysi	Aihe esitellään hauska historiallisesta vinkkelistä johdantoluvussa. Pakotettu hapettumis-pelkistysreaktio saadaan aikaan vain sähkövirralla eli elektrolyytisesti.	Vanhoja kuvia Davysta ja Faradaysta (s.47). Michael Faradayn elektrolyytisanasto taulukkona (kreikan kielellä, englannin kielellä ja merkitys englanniksi)	
s. 47	Elektrolyysin käyttökohteita	Elektrolyysin käyttökohteita (kemiallisesti vaikeasti valmistettavat alkuaineet ja erittäin puhtaiden alkuaineiden tuottaminen). Käsitteet tasavirralähde, katodi, anodi, kationit, anionit esitellään ensimmäistä kertaa esimerkin natriumin valmistuksen elektrolyytisesti yhteydessä.	Kuva elektrolyytikennossa, jossa natriumia valmistetaan natriumkloridisulatteesta (s. 48). Kaaviokuva alumiinin elektrolyytisestä valmistuksesta (s. 49).	
s. 50	Elektrolyysi alkuaineita sisältävän suolan vesiliuoksesta	Normaalipotentialien merkitys mikä aine hapettuu/pelkistyy elektrodilla. Liuoksessa olevien ionien konsentraation vaikutus, mitä ainetta elektrolyysissä syntyy.	Elektrolyysikennokaavio.	Kattavat tehtäväesimerkit, joissa välivaiheinen ja kaavioinen koko tehtävä on perusteellisesti ratkaistu.
s. 52	Elektrodimateriaalin vaikutus elektrolyysiin	Käsitteet elektrodimateriaali, passiivinen ja aktiivinen elektrodi.		
s. 52	Metallin puhdistus ja pinnoitus	Aktiivisia elektroneja käytetään metallien puhdistuksessa ja esineiden elektrolyytisessä puhdistuksessa.	Valokuvat passiivisista ja aktiivisista elektrodeista elektrolyysikennossa. Kaaviokuva kuparin elektrolyytisestä puhdistamisesta. Valokuva autosta kromattuine vanteineen. Taulukko elektrolyysisovelluksista.	
s. 54	Elektrolyysin kvantitatiivinen tarkastelu	Elektrolyysikennossa kulkeva sähkömäärä $Q = I \cdot t$. Faradayn vakio (F) ilmaisee yhden elektronimoolin sähkömäärän eli varauksen. Elektrolyysissä muodostuvien aineiden ainemäärät lasketaan suureyhtälöstä $I t = n z F$.		Tiivistelmä luvusta marginaalissa. Lisää esimerkkejä.



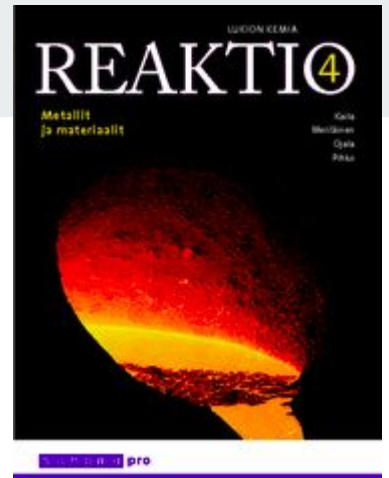
Aroluoma, I. Kanerva, K. Karkela, L. Lampiselkä, J. Mäkelä, R. Sarjonen, T. Vakkilainen, K-M. (2015) *Kemisti 4 Metallit ja materiaalit*. Helsinki, Sanoma Pro.

Kemisti

Valokuvia on tekstin seassa paljon, ja ne ovat suuria.

Väliotsikkoja on vähemmän, sillä alaotsikot löytyvät avainsanoina marginaalista. Kahteen muuhun kirjaan verrattuna valmiiksi ratkaistuja esimerkkejä hyvin vähän.

Kemisti s.30-52	Aihealue	Teksti	Kuvat ja taulukot	Huomioita
s. 34	Kemiallinen pari tuottaa sähkövirtaa	Sinkki-kupari-koejärjestelyn kuvaus,	Kemiallisesta parista piirros. Perunaparista valokuva.	Hieman vaatimattomia tämän kirjan esitykset asiasisällöistä verrattuna muihin tutustumiimme kirjasarjoihin.
s. 35	Daniellin kenno	Osareaktiot, kennoreaktiot, elektrodeilla tapahtuvat asiat kuvattu suurpiirteisesti tekstissä. Kennokaavio tekstin seassa.	Valokuva Daniellin parin koejärjestelyistä.	Sinkki-kupari-pari on kemiallisen parin yhteydessä. Pari on esitetty kuvana koejärjestelystä reaktioyhtälö kuvan alla
s. 38-39	Normaalipotentiaaliarvoilla verrataan parien jännitteitä	Kuparin pelkistysreaktion kuvaus. Kemiallisen parin tuottama jännite laskuna.	Piirros vety+kuparielektrodien koejärjestely, hapetus-pelkistysreaktioyhtälöt. Taulukko normaalipotentiaaleista.	Ei mitään syventävää tietoa, ei mitään linkitystä arkielämän käyttöesineisiin.
s. 44	Elektrolyysissä sähköenergia saa aikaan kemiallisen reaktion	Mitä elektrolyysissä tapahtuu, vertailukohtana sähköpari. Yksityiskohtainen kuvailu elektronien liikkeestä ja redox-reaktiosta.	Valokuva teollisesta elektrolyysialtaasta. Piirroskaavio elektrolyysireaktiosta astiassa.	Yksityiskohtainen sanallinen kuvailu elektronien liikkeestä ja redox-reaktioista.
s. 45-46	Mitkä tekijät vaikuttavat elektrolyysin kulkuun?	Elektrolyysiin vaikuttavien tekijöiden erittelyä.	Valokuva kuparin puhdistamisesta. Valokuva, joka demonstroi metallielektrodilla tapahtuvaa happamoitumista.	Korostaa normaalipotentiaaleja lähes kaikissa esimerkeissä (liuoksessa paljon eri ioneja, hyvin epäjaloka metalleja)
s. 46	Kuinka suuri sähkömäärä elektrolyysissä kuluu?	Elektrodien massamuutoksen kuvailu ja sähkövirran laskennallisen käsittelyn kuvailu (kaavat ja esimerkkilasku).		Kaavat vain leipätekstissä, marginaalissa elektronin varaus, elektronimooli.
s. 47	Missä elektrolyysiä käytetään?	Pinnoitus	Kaaviot alumiinin ja kloorin teollisesta valmistuksesta.	Kuvatekstiä enemmän kuin teksti



Kaila, L., Merilainen, P., Ojala, P. & Pihko, P. (2012) *Reaktio 4 Metallit ja materiaalit*. Helsinki, Sanoma Pro.

Reaktio

Erilaiset sisällöt (tehtävät, esimerkit, demot) tunnistaa värikoodatuista kehyksistä.

Reaktio s. 30-64	Aihealue	Teksti	Kuvat ja taulukot	Huomioita
s. 31	Spontaani kemiallinen reaktio	Spontaanin reaktion kuvaus	Piirros koejärjestelystä, atomitason tapahtumat mukana	
s. 50-52	Daniellin kenno ja galvaaninen kenno	Osareaktiot, suolasilta kuvattuina yksityiskohtaisesti. Reaktioyhtälöt tekstissä	Piirros koejärjestelystä, jossa atomitason tapahtumat kuvattuina (suurennuslasi). Kennokaavio lopuksi erikseen.	s. 31 kuva Daniellin kennosta esimerkkinä galvaanisesta kennosta. Suolasilta sivulla 32. Kuvattu kaaviona, jossa reaktio kuvattu atomitasolla.
s.33 – 37	Normaalipotentialit	Elektrodin perustila, normaalivetyelektrodi kuvattu tekstissä ja reaktioyhtälöin. Vastaavaa kennoreaktio Daniellin kennolle ja kennokaavio. Jaksollisen järjestelmän normaalipotentialitulkinta, Sähkökemiallinen jännitesarja.	Piirros normaalielektrodin koejärjestelystä. Daniellin kennon jännite koejärjestely - piirros + atomitaso. Kaavio jännitesarjasta	Soveltavaa tietoa akuista, paristoista ja polttokennoista s. 47-49
s. 50-52	Elektrolyysin teoria	Elektrolyysireaktion teoria, pakotettu reaktio (vrt. galvaaninen kenno, spontaani). Elektrolyysikennon osat: tasavirtalähde, sähköjohtimet, 2 x elektrodit, elektrolyyttiliuos. Galv.kenno vs. elektrolyysikeno	Piirros elektrodikennosta. Kaavio galvaanisen kennon ja elektrolyysikennon eroista	Näkökulma aiheeseen: vertaileva (Galv - Elektrolyysi).
s. 53-55	Elektrolyysin soveltaminen	Elektrolyysireaktion sovelluksia ja erilaiset elektrolyysiliuokset: Suolasulateen, vesiliuoksen elektrolyysit. Anodi osana elektrolyysiä: metallien pinnoittaminen ja puhdistus	Havainnepiirroksot jokaisesta sovelluksesta erikseen. Piirroksissa on esitetty myös atomitaso.	
s. 53-54	Vesiliuoksen elektrolyysi	Vesiliuoksen sisältämien ionien normaalipotentialin mukainen hapettuminen ja pelkistyminen	Piirros vesiliuoksen elektrolyysistä atomitaso, huomioitu	Sovellus: NaOH tuottaminen kloorialkaaliprosessilla
s. 55	Anodi osana elektrolyysiä	Anodin happettuessa helpommin kuin elektr.liuoksen ionit tapahtuu anodimateriaalin hapettuminen -> anodimateriaalin ioneja siirtyy liuottimeen. Tätä hyödynnetään metallien puhdistuksessa.	Havainnepiirros +atomitaso	Kappaleessa ei yleistä osioita. Kappaleessa käsiteltiin anodin osana elektrolyysiä reaktiot - metallin puhdistus ja pinnoitus
s.55	Metallin puhdistus ja pinnoitus	Kuten edellä. Pinnoitettua esine asetetaan kennoon katodiksi ja anodiksi valitaan metalli, jolla esine halutaan pinnoittaa.	Havainnepiirros +atomitaso, lisäksi kuva kromatusta esineestä	
s. 56- 58	Paljonko elektrolyysistä saadaan tuotetta?	Elektrolyysin ainemäärän ja sähkövirran suhteen teoriaa. Sähkövaraus $Q=It$. Anodilla ja katodilla tapahtuvien reaktioiden ainemäärä on suoraan verrannollinen kennon läpi kulkeneeseen sähkövirtaan. Faradayn vakion teoria ja kaava $It=nzF$	(Ei kuvia) Kaksi laskuesimerkkitapausta $It=nzF$ -kaavan käytöstä	



Yhteenveto

Taulukkomuotoinen vertailu paljastaa, että sisällöllisesti tarkastellut kolme oppikirjaa käsittelevät sisältöjä samankaltaisella tavalla. Eroina on kuhunkin kirjaan valitut esimerkit, joskin standardiesimerkit ovat kaikissa kirjoissa samat (esim. Daniellin pari).

Kirjoista Mooli ja Reaktio sisältävät yksityiskohtaisia ratkaisuesimerkkejä, joten nämä kirjat soveltunevat parhaiten itseopiskeluun kannustaville opettajille. Muilta osin oppikirjavalinta tehtäneiden mieltymysten perusteella, sillä esimerkiksi tehtävien määrä ja laatu vastaavat toisiaan eri kirjoissa.

Sisältötyyppien mukainen sisältöanalyysi paljastaa helposti puutteita oppikirjoissa, mikäli niitä on. Kuitenkaan kirjojen vertailu esimerkiksi oppikirjasarjaa valittaessa vaatii tarkempien huomioiden listaamista. Nyt tarkasteltujen oppikirjojen todettiin kattavan samat sisältöalueet erilaisin painotuksin.