



Aurinkokennoja mustikalla

Kohderyhmä: Työ soveltuu lukion kursseille KE1, KE2 ja KE5 sekä aiheeseen tutustumiseen ja relevanssiin yläkouluun.

Kesto: 90 min

Motivaatio: Tulevaisuudessa uusiutuvia energianlähteitä tarvitaan yhä enemmän. Kestävän kemian kautta voimme tuottaa parempia uusiutuvia energianlähteitä.

Tavoite: Titaanioksidista ja väriaineista valmistetut aurinkokennot ovat mielenkiintoinen tapa luoda opiskelijoille käsitystä uusiutuvista energianlähteistä ja saada heidät pohtimaan muita mahdollisia energianlähteitä. Samalla tutustutaan ajankohtaiseen kemian tutkimukseen.

Avainsanat: Aurinkokenno – Energia – Kestävä kemia – Sähkö

Tarvikkeet ja reagenssit

Reagenssit:

- TiO_2 -tahnaa
- I_2
- KI
- Etikkahappo
- Etyleeniglykoli (vedetön)
- Metanoli
- Väriaine (mustikka)
- Astianpesuaine (väritön/kirkas)

Tarvittavat välineet:

- Kaksi sähköä johtavaa ITO-lasia
- Yleismittari
- Kaksi johtoa ja hauenleukaa
- Spaatteli
- Teippiä
- Kaksi klipsiä

Työturvallisuus / Huomioita ohjaajalle

Käytä suojalaseja, -takkia ja -hanskoja koko työskentelyn ajan!

Titaanioksidi on voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa. Jos kemikaalia joutuu iholle tai silmiin, poista saastunut vaatetus ja huuhto vedellä. Tarvittaessa lääkäriin.

Jodi on haitallista nieltynä tai joutuessaan iholle. Jos kemikaalia joutuu iholle tai silmiin, poista saastunut vaatetus ja pese runsaalla vedellä. Tarvittaessa lääkäriin.

Metanoli on myrkyllistä nieltynä. Jos kemikaalia joutuu iholle tai silmiin, poista saastunut vaatetus ja pese runsaalla vedellä. Yhteys lääkäriin.



Muut kemikaalit: mikäli kemikaalia joutuu iholle tai silmiin, poista saastunut vaatetus ja huuhto vedellä. Tarvittaessa lääkäriin.

FTO-lasit voidaan puhdistaa tiskaamalla ne runsaalla vedellä. Jodiliuos kaadetaan orgaanisiin jodia sisältäviin jätteisiin tai säilytetään tippapullossa orgaanisten liuottimien kaapissa.

Pohdittavaksi ennen työtä

Lue työohjeen Tausta-osio, ja vastaa sen jälkeen seuraaviin kysymyksiin.

1. Mitä ovat uusiutuvat energianlähteet? Mikä ero on uusiutuvilla energianlähteillä ja fossiililla polttoaineilla?

Uusiutuvat energianlähteet ovat energianlähteitä, jotka eivät lopu. Esimerkiksi vesivoima, jossa käytetään hyödyksi veden liikettä, tuulivoima jossa tuuli liikuttaa propelleja jotka puolestaan tuottavat sähköä, tai aurinkovoima jossa auringon valosta tuleva energia muutetaan sähköksi. Geotermisessä energiassa käytetään hyödyksi maapallon omaa energiaa.

Fossiiliset polttoaineet loppuvat eikä niistä saada loputtomasti energiaa. Fossiiliset polttoaineet ovat myös keskimäärin ympäristölle paljon haitallisempia.

2. Kuinka suuri osa maailman energiasta saadaan aurinkokennoilla? Mikä on käytetyin uusiutuvan energian lähde?

Vajaa 4 % (vuonna 2023) tuotettiin aurinkovoimalla. Vesivoima kattaa noin 75 % kaikesta uusiutuvasta energiasta.

3. Miten väriaineherkistetty aurinkokenno toimii?

Valo liikkuu lasin läpi reaktiiviselle alueelle. TiO_2 absorboi valon säteilyä ja muodostaa elektroneja. Väriaine absorboi vain tiettyjä valon aallonpituuksia virittäen elektronit. Jodiliuos toimii hapetus-pelkistysparina. Grafiitti toimii katodina, joka palauttaa elektronit takaisin anodille.

Tausta

Aurinkokennojen toiminta perustuu reaktioon, jossa auringon tuottama energia vapauttaa materiaalin pinnasta elektroneja, jotka tuottavat sähkövirtaa. Vain noin viidesosa aurinkokennon vastaanotamasta säteilystä voidaan muuttaa sähköksi.

Teollisuudessa aurinkokennot valmistetaan usein piistä. Tällaisten aurinkokennojen valmistaminen on kuitenkin kallista ja vie paljon aikaa. Piistä valmistetut aurinkokennot ovat silti tällä hetkelle tehokkaimpia markkinoilla.

Väriaineherkistetyt aurinkokennot ovat Gräzel-kennoja. Kennoissa titaanioksidi toimii anodina ja noki/grafiitti katodina. Väriaine absorboi valoa. Valo virittää elektroneita, jonka jälkeen elektronit siirtyvät puolijohdettavalle titaanioksidille. Titaanioksidilta elektronit kulkeutuvat katodille. Jotta piiri



olisi suljettu, tarvitaan hapetus-pelkistyspari. Yleensä tämä on jodiliuos. Jodiliuos hapettuu ja siirtää väriaineelle lisää elektroneja. Anodi luovuttaa jodiliuokseen elektroneita, jolloin se pelkistyy takaisin.

Työssä väriaineena käytetään mustikkaa, mutta moni muukin kasvi sisältää väriaineita, jotka pystyvät absorboimaan valoa kennoissa tarvittavalla tavalla. Tunnettuja esimerkkejä näistä ovat punakaali ja vadelma.

Maailmanlaajuisesti aurinkoenergia tuottaa vain noin 4 % käytetystä energiasta. Aurinkoenergia on kovassa kehityksessä ja sitä tutkitaan paljon. Tulevaisuudessa aurinkoenergian osuus energiankulutuksesta tulee kasvamaan vahvasti.

Kokeellinen osio / Työn suoritus

Erittäin laimean etikkahapon valmistus

1. Lisää noin 100 ml:aan vettä 3–5 pisaraa etikkaa tai 2–3 pisaraa 0,1 M etikkahappoa.

TiO₂-tahnan valmistaminen

1. Jauha huhmaressa 1 g nanokiteistä titaanioksidia (TiO₂).
2. Kun titaanioksidi on jauhettu tasaisen hienoksi, lisää pari pisaraa erittäin laimeaa etikkahappoa sen verran, että tahnan koostumus on vetinen.
3. Lisää pisara väritöntä astianpesuainetta. Astianpesuaineen lisäyksen jälkeen liuoksen koostumus muuttuu ja siitä tulee tahnamaista. Tahnan koostumuksen pitäisi muistuttaa maalia. Jos tahna on liian vetistä, lisää titaanioksidia ja jos tahna on liian kiinteää, lisää erittäin laimeaa etikkahappoa.

Huom. Kun liuokseen lisätään pisara väritöntä astianpesuainetta, kannattaa sekoittaa mahdollisimman rauhallisesti, ettei tahnaan pääse muodostumaan ilmakuplia. Ilmakuplat vähentävät kennon toimivuutta.

TiO₂-tahnaa voi säilyttää isossa korkillisessa koeputkessa. Jos tahna pääsee kuivumaan siihen voi lisätä erittäin laimeaa etikkahappoa. 1 g nanokiteistä titaanioksidia (TiO₂) riittää noin neljään kennoon.

I₂ + KI-liuoksen valmistaminen

1. Liuota vedettömään etyleeniglykoliin kaliumjodidia (KI) ja jodia (I₂). Kaliumjodidin ja jodin pitoisuuksiksi pitäisi tulla $c(KI) = 0,5 \text{ M}$ ja $c(I_2) = 0,05 \text{ M}$. Kun kaliumjodidi ja jodi on lisätty, lisää vielä pari pisaraa metanolia. Metanoli auttaa jodia ja kaliumjodidia liukenemaan. I₂ + KI-liuos toimii työssä elektrolyyttiliuoksena. I₂ + KI-liuosta kannattaa säilyttää korkillisessa koeputkessa tai tippapullossa helpon annostelun takia.

Esimerkki, kun liuosta valmistetaan 10,0 ml:

$$c(KI) = 0,5 \text{ M}; n(KI) = 0,005 \text{ mol}; M(KI) = 166 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$c(I_2) = 0,05 \text{ M}; n(I_2) = 0,0005 \text{ mol}; M(I_2) = 254 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$V(\text{etyleeniglykoli}) = 10,0 \text{ ml}$$

$$n = c \cdot V$$

$$m = n \cdot M$$

$$m(KI) = 0,83 \text{ g ja } m(I_2) = 0,13 \text{ g}$$



I₂ + KI-liuosta menee jokaiseen kennoon vain muutama pisara. Liuosta ei näin ollen tarvita paljon yhteen suoritukseen, mutta sen valmistaminen esimerkissä näytetyssä määrässä on helpompaa kuin pienemmässä. Ylijäänyt liuos säilyy hyvin tiiviissä astiassa, esim. tippapullossa.

Väriaineen valmistaminen

1. Murskaa pieni määrä mustikoita ja suodata ne suodatinpaperin läpi. Väriainetta voi säilyttää koeputkessa. Väriainetta kuluu vain muutama pisara kennoa kohden.

Mittareiden käyttö

Työssä käytetään yleismittareita jännitteen mittaamiseen. Yleismittarilla voidaan mitata jännitettä mV ja esimerkiksi kennon ampeereita mA. Kun mitataan kennon voltteja, täytyy mittari olla asetettuna 200 mV asentoon. Hauenleukojen täytyy myös olla oikeissa kohdissa, jotta volttien mittaus onnistuu.



Kuva 1 Volttien mittaus yleismittarilla.



Kuva 2 Ampeereiden mittaus yleismittarilla.



Työn suoritus

1. Ota toinen FTO-lasi ja tarkista yleismittarilla kumpi puoli siitä johtaa sähköä. Aseta lasi pöydälle, niin että sähköä johtava puoli on ylöspäin. Teippaa lasin kolme reunaa noin 1 cm päästä reunoista kuvan kolme mukaisesti.



Kuva 3 Teippaukset lasin kolmeen reunaan.

2. Levitä spaattelin avulla tasainen kerros TiO_2 -tahnaa lasin pinnalle. Levitetyn TiO_2 -pinnan tulisi olla teipin paksuinen. Jos tahnan levittäminen epäonnistuu, sen voi pyyhkiä pois kostealla paperilla ja levittää uudestaan.
3. Kun tahna on levitetty tasaisesti, poista teipit varovasti rikkomatta TiO_2 -tahnan pintaa.
4. Anna tahnan kuivua 10–15 min. Kuivumista voi nopeuttaa laittamalla lasin lämpölevylle. Huom. Lämpölevyn lämpötilan täytyy olla alhainen, ettei lasi hajoa ja ettei tahna halkeile.
5. Kun tahna on kuivumassa, ota toinen FTO-lasi ja katso yleismittarilla kumpi puoli johtaa sähköä. Väritä lasin sähköä johtavalle puolelle tahnan kokoinen alue lyijykynällä.

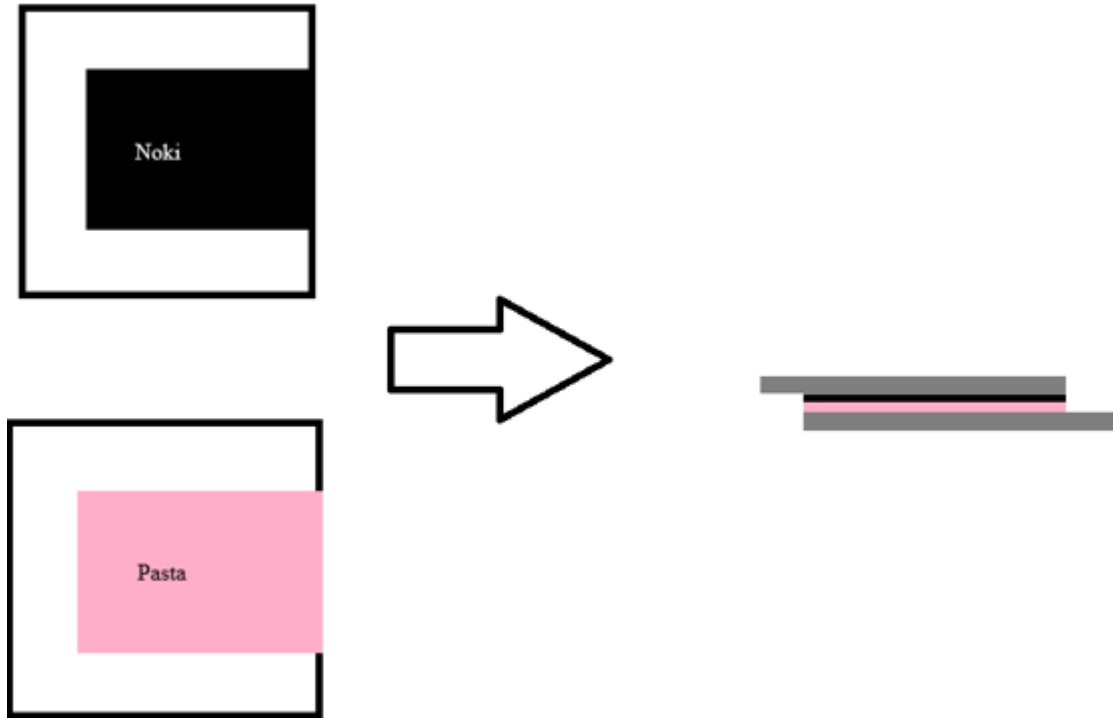


Kuva 4 Väritä lasin keskiosa lyijykynällä musta alue.

6. Kun TiO_2 -tahna on kuivunut, tiputa sen päälle muutama pisara väriainetta. Anna väriaineen imeytyä koko TiO_2 -tahnaan. Lasia voi varovasti käännettä, jotta pisara saadaan leviämään nopeammin koko alueelle. Väriaineen lisäyksessä kannattaa olla varovainen, ettei pisara riko TiO_2 -tahnan pintaa.
7. Anna värjätyn tahnan kuivua noin 10 min, niin että vesi haihtuu pois. Kuivumista voi nopeuttaa laittamalla lasin lämpölevylle.



8. Kun värjätty tahna on kuivunut, aseta pinnoitetut FTO-lasit vastakkain kuvan 5 mukaisesti, niin että molemmista lasista on vastakkaisilla puolilla esillä noin 1 cm pinnoittamatonta lasia. Kun lasit on asetettu vastakkain, niitä ei saa enää siirrellä sillä hankaus tuhoaa päällystetyt pinnat. Kiinnitä lasilevyt yhteen laittamalla kennon molemmille sivuille klipsit.



Kuva 5 Lasien kiinnittäminen toisiinsa.

9. Tiputa jodiliuosta 1–2 pisaraa lasilevyjen väliin. Kapilaarivoimat vetävät ja levittävät jodiliuoksen lasilevyjen väliin. Pyyhi ylimääräinen jodiliuos pois paperilla.
10. Kiinnitä yleismittari johdoilla kennon pinnoittamattomille alueille. Aseta yleismittari 200 mV:iin tai 20 mA:iin. Seuraa kennon tuottamaa energiaa eri valonlähteistä ja eri etäisyyksiltä.

Pohdinta työn jälkeen

1. Toimiiko aurinkokennosi? Sisällytä aurinkokennosi tuottama virta ja jännite (yksiköineen) johtopäätöksiisi. Kuinka paljon tehoa tuotetaan? (energia/aika = volttia x ampeeria = watti)
2. Miten voisit parantaa aurinkokennosi tehokkuutta?



Lisätietoja

Työtä on kehitetty yhteistyössä Tutki-kokeile-kehitä-kilpailun osallistuneiden Antton Kiurun ja Marcus Anttilan kanssa.

Lähteet

Grätzel, M. (2005). Solar energy conversion by dye-sensitized photovoltaic cells. *Inorganic Chemistry*, 44(20), 6841–6851. <https://doi.org/10.1021/ic0508371>

Titanium dioxide raspberry solar cell. MRSEC Education Group. (n.d.). <https://education.mrsec.wisc.edu/titanium-dioxide-raspberry-solar-cell/>

Kuvat Kemianluokka Gadolin/ Julius Nokelainen



Kemianluokka
Gadolin