Dia de la Ciència a les Escoles 2022 – Repte 2: Construcció d'un electrolitzador per generar hidrogen

Instruccions per al professorat

Objectiu: Que els estudiants es familiaritzin amb la tecnologia de generació de l'hidrogen, que actualment està en auge pel seu caràcter prometedor per al desenvolupament sostenible, i que facin un petit treball seguint una certa metodologia, semblant a la d'un treball científic real.

Suggeriment de caràcter general: S'anima els estudiants a ser creatius i inquisitius.

Com a pauta proposem quatre nivells de dificultat (1, 2, 3, 4). Cadascun dels nivells implica haver realitzat amb èxit els nivells previs.

⚠ Important! Precaucions ⚠

- L'hidrogen es pot recollir i cremar de manera relativament segura si la quantitat recollida és petita. En encendre uns 10-20 ml d'hidrogen pur, es produeix un efecte acústic similar a un xiulet. No es recomana encendre una quantitat d'hidrogen molt més gran que aquesta, si bé es pot augmentar una mica la quantitat del gas generat (fins a uns 100-200 ml) per millorar la precisió dels càlculs (en cas que s'opti per fer-los). Tampoc no es recomana fabricar generadors en continu, de tipus bufador (manuals per a la seva construcció abunden a internet), ja que el risc d'ocasionar una explosió i/o incendi és considerable, i tampoc és l'objectiu d'aquest exercici demostrar el poder calorífic del gas.
- Es recomana no manipular els elèctrodes quan hi passa corrent. L'electròlit redueix la resistència de contacte amb la pell, i es poden produir rampes per tensions amb corrent relativament baix.
- Es recomana fer servir guants de goma i ulleres de protecció durant l'experiment. L'electròlisi del clorur sòdic produeix hidròxid sòdic que és corrosiu i en elevades concentracions pot fer malbé la pell i/o els ulls. Fins i tot la sal els pot irritar.
- Assegurar-se que no es produeixin curtcircuits, és a dir, l'ànode i el càtode no s'han de tocar entre si quan hi hagi tensió aplicada.
- • Assegurar una bona ventilació del lloc de feina. L'electròlisi del clorur sòdic genera també clor que és tòxic i irrita els ulls i les vies respiratòries. Una part del clor produït queda dissolt a l'aigua, però si s'augmenta la tensió/corrent i/o temps d'electròlisi, el cabal de clor generat pot augmentar considerablement i es pot alliberar a l'aire.

Nivell 1: Fabricar un electrolitzador bàsic per generar H_2.

Materials recomanats:

- Electròlit: es recomana fer servir una dissolució de sal de cuina (NaCl) relativament concentrada.
- Elèctrodes: és preferible fer servir materials relativament inerts com grafit, níquel, acer inoxidable. Tingueu en compte que la majoria dels materials patiran corrosió en el procés. Es poden fer servir metalls nobles (plata, platí o or), si se'n disposa.
- • Font d'alimentació: Es recomana fer servir una font de tensió contínua relativament estable i baixa (no més de 5 V).
- • Recipients: es recomana fer servir recipients de vidre per poder observar el que passa a la zona de reacció.

Recomanacions sobre el disseny – veure https://youtu.be/Gr1_Hzl1F-w :

- Es recomana realitzar un disseny de tipus "campana", en què l'hidrogen es recull per exemple en una proveta o pot petit invertit, prèviament omplert d'electròlit. Com menys aire quedi al pot abans d'iniciar l'electròlisi, més pur serà l'hidrogen obtingut. Per això omplir el recipient d'electròlit, tapar-lo, invertir-lo, submergir-lo i destapar-lo un cop la boca està submergida.
- Es recomana col·locar els dos elèctrodes relativament a prop un de l'altre per assegurar un corrent elevat.

Nivell 2: Calculeu l'energia per unitat de volum de gas produït

Mesurar la tensió (U), corrent (I), temps (t) i volum (V) d'H_2 produït ia partir de les dades, calcular l'energia utilitzada en W.h, referida al volum d'hidrogen recollit en litres (és a dir U*I*t/ V, en Wh/l). Per determinar el volum amb precisió es pot fer servir un recipient amb graduació de volum (matràs, proveta, etc.). Com que la temperatura afecta tant la conductivitat de l'electròlit, com el volum de l'hidrogen obtingut, ajudaria prendre'n nota (i citar-la a l'informe). Si no disposeu d'un termòmetre submergible, es pot reportar la temperatura de la zona de treball, mesurada amb qualsevol termòmetre i assumir que és la mateixa que la de l'electròlit.

Per a les mesures elèctriques es poden fer servir dos multímetres (mesura de tensió amb multímetre en paral·lel a la font i la cel·la; mesura de corrent amb el multímetre en sèrie), assegurar-se que els valors de tensió i corrent són aproximadament constants i prendre els valors com a fixos. Alternativament, si hi ha la possibilitat de registrar corbes d'U(t) i I(t) aquestes es poden fer de mitjana.

Nivell 3: Calculeu l'eficiència elèctrica

Aquesta correspon a l'energia elèctrica invertida en el procés, relativa a l'energia tèrmica que es podria produir per combustió d'una barreja estequiomètrica de H_2+O_2. És la ràtio entre el poder calorífic superior de l'hidrogen (HHV, higher heating value a la literatura anglesa) i l'energia elèctrica per unitat de volum, obtinguda al Nivell 2, és a dir *Ef=U*I*t/(V*HHV)*.

El valor de HHV de l'hidrogeno es de 3.55 Wh/l (o kWh/m^3).

Nivell 4: Fabricar un electrolitzador optimitzat

Es tracta de millorar l'eficiència de l'electrolitzador optimitzant el tipus d'electròlit, materials, forma i posició dels elèctrodes, temperatura, etc.

Cal tenir en compte totes les precaucions indicades al començament d'aquest document. No es recomana fer servir electròlits basats en àcids o bases fortes ja que comporten un greu perill de cremades de pell i ulls. Si, s'opta per fer-ho, es recomana que sigui sota la supervisió estricta d'un professor experimentat.

Reportar la millora aconseguida respecte als valors obtinguts al nivell 3 i comparar amb els valors de la taula següent, corresponents a tres electrolitzadors comercials, representatius de l'estat de l'art[i]:

Modelo	Technología	Consumo de energía, kWh/kg	Consumo de energía, kWh/m3	Eficiencia, %	Vida, años
Sunfire Hylink	SOEC	41.1	3.70	81.0	5
Norsk HPE, Stewart IMET	Alkaline	53.4	4.81	73.8	7-10
Proton Hogen	PEM	62.3	5.61	63.2	5-7

Observació: El factor de conversió de kWh/kg a kWh/m^3 és la densitat de l'hidrogen que a 0ºC i 1 bar és 0,09 kg/m^3.

Noteu que els electrolitzadors d'electròlit líquid (alcalí) són els més duradors, si bé no els més eficients. Els dispositius que desenvolupem a IREC pertanyen al tipus SOEC (*solid-oxide electrolysis cells*), és a dir d'òxid sòlid, que condueix ions d'oxigen a temperatures elevades (700-800 ºC). En el cas de les PEM, l'electròlit és un polímer sòlid, conductor de protons a temperatures relativament baixes).

Després de consultar la bibliografia (veure per exemple[ii]) i altres fonts com Youtube, etc. comparar amb les propostes prèvies.

Opcionalment, en finalitzar el treball, es pot redactar un informe breu, amb un resum de disseny realitzat, materials usats, resultats de les mesures i conclusions.

Bibliografia

---

[i] Eficiencia de electrolizadores comerciales:

https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/30127/fichero/Cap%C3%ADtulo+3+-+Electrolizadores.pdf

[ii] Efecto de algunos factores sobre la eficiencia (documento en inglés):
http://www.electrochemsci.org/papers/vol7/7043314.pdf

https://youtu.be/Gr1_Hzl1F-w