

## Hidrogénfejlesztés fénnel

A hidrogén megújuló nyersanyagokból történő előállítása az energiagazdálkodás szempontjából ígéretes folyamat. A reakció azonban energia befektetését igényli, ezért intenzív kutatások folynak arra vonatkozóan, hogy miként lehetne a folyamat energiaigényét napfénnel biztosítani, azaz fotokatalitikusan megoldani.

A felhasználandó fotokatalizátor valamilyen félvezető. A félvezetőben elektronok képesek kiszabadulni a kristályrácsból, pozitív töltésű „lyukat” hagyva hátra. Ezek a töltések vagy rekombinálnak (ilyenkor visszaáll az eredeti állapot), vagy elreagálnak a félvezető felületén adszorbeált részecskékkel. Ez a folyamat szobahőmérsékleten is lejátszódik, de megfelelő hullámhosszú fény segítségével fokozható a töltésszétválás.

A kutatások során azt találták, hogy ha a félvezető felületére nemesfémréteget (ún. nanofilmet) választanak le, lelassítható az elektron-lyuk rekombináció, tehát nagyobb esély van a kívánt kémiai reakció lejátszódására a katalizátor felületén.

Az Aberdeeni Egyetem kutatói arany/titán-dioxid katalizátort próbáltak alkalmazni a hidrogén etanolból történő előállítására. A titán-dioxidnak három, kristályszerkezetében eltérő módosulata ismert. Ezek közül kettőt, a rutilt és az anatázt alkalmazták. Az aranyréteget kicsapós módszerrel vitték fel a nagy fajlagos felületű (rutil esetén  $170 \text{ m}^2/\text{g}$ , anatáz esetén  $105 \text{ m}^2/\text{g}$ ) hordozóra.

A kívánt fotokatalitikus reakció a következő volt:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} + \text{H}_2$

A folyamat a katalizátor felületén, elemi lépések sorozatában megy végbe, melyek közül a hidrogénfejlődés szempontjából kulcsfontosságú a hidrogénionok redukciója elemi hidrogénné. A reakciót 6-20 mg katalizátor jelenlétében, 15-30 ml etanolt tartalmazó reaktorban, nitrogénatmoszférában 350 nm hullámhosszú UV-megvilágítással hajtották végre. A katalizátor aranytartalma 1-8 m/m% között változott.

A hidrogén termelődése mindkét hordozót tartalmazó katalizátoron kimutatható volt, de anatázon a képződés sebességét százszor nagyobbak mérték. A sebességek különbségének oka az, hogy az anatáz esetén erősebb a kapcsolat a hordozó és az arany között, ezért ott a fény hatására gerjesztett elektronok nagyobb hányada fordítódik fotoreakcióra, mint a rutilban, ahol nagyobb az elektron-lyuk rekombináció aránya.

Végeredményben  $5 \text{ cm}^3/(\text{g}\cdot\text{min})$  maximális hidrogénfejlődési sebességet mértek, azaz 1 g katalizátor 1 perc alatt  $5 \text{ cm}^3$  térfogatú hidrogén képződését eredményezte (standard légköri nyomáson és  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -on számolva). Az elért eredmény alapját képezheti annak, hogy a gyakorlatban is használható eljárás jöjjön létre. Egy fejlesztési lehetőség lenne a katalizátort a látható fény tartományában is aktiválhatóvá tenni, ahogy ezt legújabbban Pt/TiO<sub>2</sub> rendszeren meg is oldották.

(Forrás: Murdoch et al.: *The effect of gold loading and particle size on photocatalytic hydrogen production from ethanol over Au/TiO<sub>2</sub> nanoparticles. Nature Chemistry, 2011/3. nyomán*)

- Nevezze meg kísérletekben használt félvezetőt!
- Adja meg a szövegben leírt fotokatalitikus hidrogén-előállítási folyamat melléktermékének nevét!
- Egy ipari alkalmazáshoz 0,5 mol/perc sebességgel képződő hidrogénre van szükség. Megvalósítható-e ez a bemutatott katalizátor néhány grammjával? Válaszát indokolja!
- Írjon példát arra, hogy egy adott reakcióban mit befolyásol, illetve mit nem befolyásol a katalizátor használata!
  - A katalizátor hatására megváltozik:
  - A katalizátor hatására nem változik:

e) A titán-dioxid egy harmadik módosulata a brookit. A nemesfém felületi réteggel ellátott brookit esetén a rutilnál nagyobb elektron-lyuk rekombinálódási sebességet észleltek. Az Au/anatáz katalizátorhoz képest kisebb vagy nagyobb aktivitás várható az Au/brookit katalizátortól?

f) Milyen előnyei és hátrányai vannak a szövegben vázolt hidrogén-előállításnak a hagyományos, metánból kiinduló módszerhez képest?

- előnye (1 példa):
- hátrányai (2 példa):

(2018. május)

**Megoldás:** (10 pont)

- |   |               |
|---|---------------|
| a) Titán-dioxid (TiO <sub>2</sub> ).  | <i>1 pont</i> |
| b) Acetaldehid (etanal)   | <i>1 pont</i> |
| c) Nem, mert 1 perc alatt csak 5 cm <sup>3</sup> hidrogén képződött a kísérletben, a 0,5 mol térfogata pedig sokkal nagyobb (12,25 dm <sup>3</sup> ).<br>(Válaszként elfogadható a túl nagy tömegű katalizátor alkalmazása is.)<br><i>Ha a válasz igen, akkor az 1 gramm katalizátor helyett 2,45 kg-ot kell használni.</i> | <i>2 pont</i> |
| d) Megváltozik: pl. reakciósebesség, aktiválási energia.  | <i>1 pont</i> |
| Nem változik: pl. reakcióhő, katalizátor mennyisége, minősége.  | <i>1 pont</i> |
| e) Kisebb.  | <i>1 pont</i> |
| f) Előnye: pl. az előállítás megújuló nyersanyagból történik.   | <i>1 pont</i> |
| Hátránya: pl. drága a nemesfémek alkalmazása miatt.   | <i>1 pont</i> |
| pl. kicsi a hidrogén keletkezési sebessége.   | <i>1 pont</i> |