

## A hidrogén és vegyületei (19. fejezet)

### ***Fizikai tulajdonságai, molekulaszervezete, felfedezése***

A hidrogén a **periódusos rendszer első** és egyben legegyszerűbb **eleme**. **Atomjában** mindössze **egy darab proton és egy darab elektron** található. Egyetlen elektrónhéja van, **elektronszerkezete:  $1s^1$** . **Formálisan az első főcsoportba (I/A)**, azaz az alkálifémek csoportjába **tartozik** a periódusos rendszerben, **azonban a csoport többi tagjától eltérően nemfémes jellegű**.

**Atomos állapotban nem fordul elő** a természetben, legegyszerűbb alakban **kéttomos molekulaként létezik**. Molekulájában az atomokat **egyszeres kovalens kötés** tartja össze.

*Természetesen előállítható atomos hidrogén is, azonban ennek élettartalma rendkívül rövid. Ennek az az oka, hogy az atomos állapot energetikailag nem kedvező a hidrogén számára, mert így nem éri el a nemesgáz (hélium) szerkezetet.*

**Szintelen, szagtalan gáz, a legkisebb sűrűségű anyag**. **Molekulái apolárisak**, ezért vízben nem oldódik. **Olvadás- és forráspontja nagyon alacsony**. Ezt a **molekulái között** lévő meglehetősen gyenge **diszperziós kölcsönhatásnak** köszönheti. Apoláris mivolta, kis sűrűsége és alacsony olvadáspontja miatt a **legnehezebben cseppfolyósítható gáz**. **Szilárd halmazállapotban molekulárcsban** kristályosodik. **Elektronegativitása közepesen nagy érték: 2,1**.

A hidrogén kis tömegének köszönhetően **nagy diffúziósebességgel** rendelkezik.

### **Kísérlet:**

Ha egy alulról vízzel töltött, közlekedő edénnyel zárt máztalan agyaghengerre (porózus) hidrogéngázzal töltött főzőpoharat borítunk, akkor hirtelen nagy sugárban kispriccel a víz az üvegcsőből, majd rövid idő után újra beáll az egyensúly. Magyarázat: amikor a hidrogénnel töltött főzőpoharat a hengerre helyeztük, akkor a henger belsejében megnőtt a nyomás, ezt mutatta a vízszint megemelkedése. A nyomásnövekedés oka, hogy a hengerbe –nagy diffúziósebessége lévén – hirtelen nagyon sok hidrogénmolekula jutott be, azonban a henger falán a levegő nem tudott ugyan ilyen gyorsan kiáramlani (hiszen a levegőt alkotó gázok molá-

ris tömege nagyobb 2 g/mol-nál), így a henger belsejében ideiglenesen jelenlévő több részecske, nagyobb nyomást eredményezett.

Felfedezése Cavendish angol tudós nevéhez fűződik, aki 1786-ban kimutatta, hogy a számára addig ismeretlen hidrogéngáz további egyszerűbb anyagokra nem bontható, elégetve vizet ad eredményül. Így jött rá, hogy ez az ismeretlen gáz egy elem. Később Lavoisier izzó vascsövön vizet vezetett át, és ily módon sikerült előállítania a hidrogéngázt. Nevét égésterméke után kapta, a latin *hydro* (víz) és *gennao* (nemzeni) szavak egyesítésével (németül: der Wasserstoff).

### Izotópjai

A hidrogénnek három természetes izotópja ismert: a **prócium** (H vagy  $^1\text{H}$ ), a **deutérium** (D vagy  $^2\text{H}$ ) és a **trícium** (T vagy  $^3\text{H}$ ). A prócium egy protont, a deutérium egy protont és egy neutron, a trícium pedig egy protont és két neutron tartalmaz. Mindegyik kétatomos molekulaként létezik.

**A deutérium és hidrogén fizikai tulajdonságai nem sokban térnek el egymástól, ő is színtelen, szagtalan, íztelen, könnyűgáz.** A deutérium legfontosabb vegyülete az ún. **nehésvíz** ( $\text{D}_2\text{O}$ ). **A nehésvizet atomreaktorokban neutron moderátor-közegként használják** (az energiatermelő atommaghasadási folyamatok során keletkező gyors, nagy energiájú neutronok lassítását teszik lehetővé). A tudósok már elkezdtek kísérletezni a deutériummal mint atommagfúziós energiatermelő nyersanyaggal (a fúzió során atommagok egyesülnek, nagyobb rendszámú atommagok jönnek létre. Az atommagfúzió során minden képzeletet felülmúlóan sok energia szabadul fel).

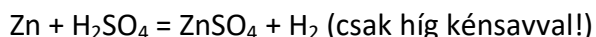
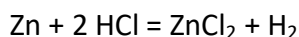
**A trícium** a próciumtól és deutériumtól eltérően egy **radioaktív** hidrogénizotóp (körülbelül **12,5 év a felezési ideje**, vagyis ennyi idő alatt bomlik el egy adott mennyiségű tríciumnak a fele). **A tríciumot biokémiai nyomjelzéses vizsgálatoknál és termonukleáris fúziós fegyverek (pl. hidrogénbomba) készítésénél használják.**

A három közül a természetben **legnagyobb arányban** (99,97%-ban) az egyes tömegszámú **prócium izotóp** található meg.

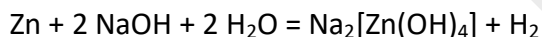
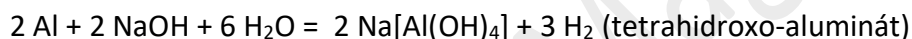
## Előállítása

A hidrogént laborban és az iparban egyaránt előállítják. Laboratóriumi előállítására számos módszer ismert.

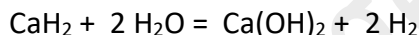
- **Híg savakból negatív standard-elektrodpotenciálú fémek** hatására (legtöbb esetben) hidrogén fejlődik. Fémként leggyakrabban cinket szoktak használni:



- **Amfoter jellegű fémekből lúg segítségével.** Amfoter például a cink, alumínium és ón:



- **Fém-hidridekből víz hatására:**

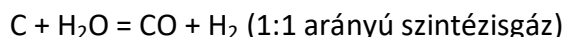


Ipari előállítására is számos módszer ismert. Vannak olyan módszerek, melyekben szintézisgáz komponenseként kapjuk meg a hidrogént, de vannak olyanok is, melyeknél tisztán. A **szintézisgáz** (szerves vegyipari alapanyag) **szén-monoxid és hidrogén 1:1, 1:2 vagy 1:3 térfogatarányú keveréke.**

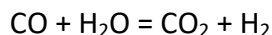
- **Metán és vízgőz reakciójában:**



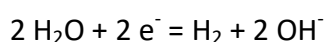
- **Hidrogén fejlődik akkor is, ha izzó szénre vízgőzt fuvatnak.** A szén redukálja a vizet:



- **Szén-monoxid is képes körülbelül 500 °C-on, katalizátor [vas(III)-oxid] jelenlétében redukálni a vizet.** Ebben az esetben nem szintézisgáz keletkezik:



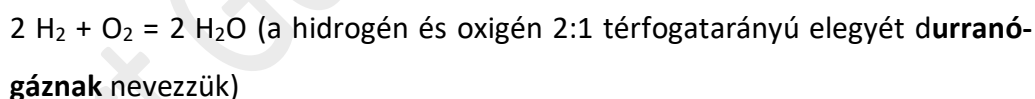
- Néhány reakció esetében nagyon fontos az, hogy nagyon **nagy tisztaságú hidrogént** használjanak. Nagy tisztaságú hidrogént **víz elektrolízisével lehet előállítani**. Az eljárás nem túl elterjedt, mivel drága. A tiszta víz elektrolízise különösen költséges, mivel benne csak nagyon kis koncentrációban vannak jelen az áramvezetéshez elengedhetetlen, töltéssel rendelkező részecskék, így az elektrolízis határfoka nagyon kicsi. Ezért a valóságban híg sóoldatokat szoktak elektrolizálni, melyben a vízbontás érdekében valamilyen nagyon negatív standard-elektrodpotenciálú fémionnak és összetett anionnak kell lennie (pl.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). **A hidrogén a katódon fejlődik:**



### ***Kémiai tulajdonságai***

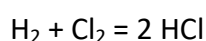
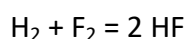
A hidrogén **szobahőmérsékleten nem túl reaktív**. Ezt annak köszönheti, hogy a molekuláiban lévő kovalens kötés kötési energiája nagy, emiatt molekulája stabilis, és csak viszonylag nagy aktiválási energia befektetése árán készíthető reakcióra. **Vegyületeiben az oxidációs száma szinte mindig +1, sószerű hidridjeiben azonban -1.**

- **Oxigénnel szikra vagy láng hatására robbanásszerűen reagál:**



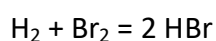
- Halogénekkal szintén reagál.

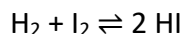
- **Fluorral sötétben is, klórral UV-fény hatására robbanásszerűen. Láncreakció történik:**



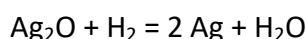
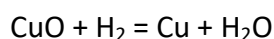
(A levegőn meggyújtott hidrogén klórgázban is képes tovább folytatni az égést, akár csak az oxigént, az elemi klórt is redukálja.)

- **Brómmal lassan, jóddal egyensúlyi reakció során reagál:**





**Pozitív standard-elektrodpotenciálú fémek oxidjaiból képes kiredukálni a fémet.** Ez alkalmassá teszi őt különböző fémek nagy tisztaságú előállítására. A folyamatot hidrogénnel történő redukciós eljárásnak nevezik.



### ***Előfordulása***

A hidrogén igen **gyakori elem a Földön. Elemi állapotban és vegyületeiben is előfordul.** Elemi állapotban kisebb, vegyületeiben annál nagyobb mennyiségben. **Leggyakoribb vegyületei a víz, a szénhidrogének és származékaik** (kőolaj, földgáz formájában), valamint minden egyéb szerves vegyületben megtalálható. **Az Univerzum leggyakoribb eleme.**

### ***Felhasználása***

A hidrogént széleskörűen használják:

- **Cseppfolyós állapotban rakéta üzemanyagként.**
- **Katalitikus hidrogénezésre a szerves kémiában.**
- **Redukálószerként** (pl. fémek előállítása).
- **Számos anyag ipari szintézise során** (ammónia, metanol).
- **Magas olvadáspontú fémek olvasztására**, ugyanis a hidrogén-oxigén láng a 2500 °C-ot is elérheti.

### ***Hidridek***

**A hidridek a hidrogénvegyületek gyűjtőneve.** A hidrideket kötéstípus szerint a következő nagyobb kategóriákba lehet sorolni:

- kovalens kötésű hidridek,
- ionos kötésű, sószerű hidridek,
- *intersticiális hidridek.*

A kovalens kötésű hidridek jellemzően nemfém- vagy félfém atomokkal jönnek létre. Talán legfontosabb közülük a víz, az ammónia, a kén-hidrogén, a foszfin és a hidrogén-halogenidek. Ezekben a vegyületekben a hidrogén oxidációs száma +1. Róluk bővebben a későbbiekben lesz alkalom olvasni.

Az ionos kötésű, sószerű hidridek jellemzően a hidrogén kis elektronegativitású fémekkel (pl.: alkálifémek és alkáliföldfémek) alkotott vegyületei. Ezekben a vegyületekben a hidrogén oxidációs száma -1, ugyanis hidridion ( $H^-$ ) formájában van jelen. A hidridionnak hélium elektronszerkezete van, két elektronnal rendelkezik, emiatt egyszeresen negatív töltéssel bír ( $H^-$ ).

Az alkálifém- és alkáliföldfém-hidridek termikusan stabilak vagyis melegítés hatására nem változnak. **Vízzel heves reakcióba lépnek, melynek eredményeképpen hidrogéngáz fejlődik. Redukálószerként használatosak.**

*Az intersticiális hidridek változatos összetételű, ötvözetszerű vegyületek. Jellemzően a d-mező elemeivel alkotott hidrogénvegyületek. A hidrogén kis mérete miatt képes számos fém rácsának a hézagaiba beépülni. Ezek a hidridek leginkább a fémekre jellemző tulajdonságokkal rendelkeznek: nagy hővezetőképesség, elektromos vezetőképesség, szilárdság, fémes fényű felület. Legfőbb felhasználásuk a különböző szerves vegyületek katalitikus hidrogénezése során, katalizátorként történik. Gyakorlati szempontból a platina, a nikkel és a palládium intersticiális hidridjei a legfontosabbak.*

*Azért használhatók jól katalitikus hidrogénezés során, mert amikor a hidrogén beépül a fém rácsának a hézagaiba, akkor a hidrogén – hidrogén kovalens kötés meggyengül. Emiatt a hidrogén szinte atomos állapotba kerül, és nagyon reaktívvá válik.*