



A Hidrogén



A periódusos rendszerben elfoglalt helye

- I. A: $1 s^1$
- nemesgáz konfigurációt egy elektron felvétellel eléri
- vegyületeiben az oxidációs száma +1, -1
- elemi állapotban kétatomos apoláris molekulákból áll

Előfordulás

- Világegyetem leggyakoribb eleme

H, H₂ (*orto-* és *para-H₂*)

- Légtér magasabb rétegeiben, világűrben, állócsillagok 96%-a
 - óceánok, kőzet (kristályvíz), kőolaj és földgázban kötött
- Vegyületeiben (víz, szerves vegyületek, hidroxidos ásványok)

Az elemek gyakorisága a Világegyetemben és a Földön (atom%)

Z	Elem	Világegyetem	Föld	Földkéreg	Hidroszféra	Atmoszféra	Emberi test
1	H	92,714	0,12	2,882	66,200		60,563
2	He	7,185					
3	Li			0,009			
4	Be						
5	B						
6	C	0,008	0,099	0,055	0,001	0,035	10,680
7	N	0,015	0,0003	0,007		78,03	2,44
8	O	0,050	48,880	60,425	33,100	21,0	25,67
9	F		0,0038	0,007			
10	Ne	0,020				0,002	
11	Na	0,0001	0,640	2,554	0,290		0,075
12	Mg	0,0021	12,500	1,784	0,034		0,011
13	Al	0,0002	1,300	6,251			
14	Si	0,0023	14,000	20,475			
15	P		0,14	0,079			0,13
16	S	0,0009	1,400	0,033	0,017		0,13
17	Cl		0,045	0,011	0,340		0,033
18	Ar	0,0003				0,933	
19	K		0,056	1,374	0,006		0,037
20	Ca	0,0001	0,46	1,878	0,006		0,23
21	Sc						
22	Ti		0,028	0,191			
23	V			0,004			
24	Cr			0,008			
25	Mn		0,056	0,037			
26	Fe	0,0014	18,870	1,858			
27	Co			0,001			
28	Ni	0,0001	1,400	0,003			
29	Cu						
30	Zn						
		99,999	99,998	99,999	99,994	99,998	99,999

A hidrogén előfordulási formái

- H, H₂
- Izotópjai: ¹H, ²D, ³T
- Orto- és parahidrogén
- A hidrogén ionos formái: **H⁺**, H⁻, (H₂⁺, H₃⁺, H_n⁺)

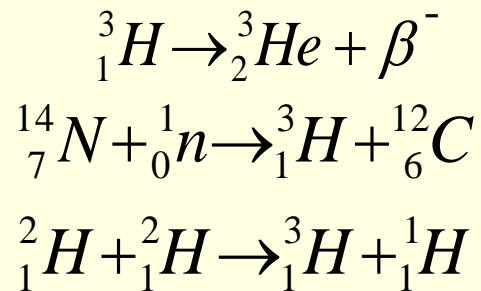
1 elektron leadásával és felvételével is ionná alakul.



Izotópjai

${}^1_1\text{H}$	Próciium	(99,9885%)	stabil
${}^2_1\text{H}$	Deutérium (D)	(0,0115%)	stabil
${}^3_1\text{H}$	Trícium (T)	(1/10 ¹⁸)	radioaktív

„lágý” β sugárzó; $t_{1/2}=12,33$ év



${}^3_1\text{H}$ Trícium

Forrás: <http://nagysandor.eu/AsimovTeka/FusionReactor/index.html>

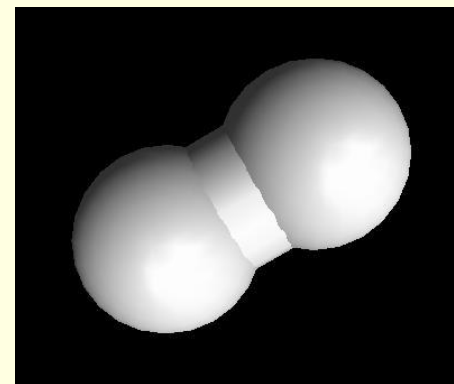
- A magfúzió során két könnyebb atom magja egy nehezebb maggá olvad össze. A folyamatban hatalmas energia szabadul fel, ami a magot összetartó nukleáris erőknek (magerőknek) köszönhető.
- A deutérium magja egyesül a trícium magjával, miközben egy közönséges héliummag (ugyanaz, mint az alfa-bomlásban kisugárzott α -részecske) és egy neutron keletkezik.
- A trícium olyan fúziós üzemanyag, amely bomlékonysága miatt gyakorlatilag nem fordul elő a Földön, ezért elő kell állítani.
 - A fúziós reaktorban egy könnyű fémből, a lítiumból állítják elő – “szaporítják” – a tríciumot. Ehhez a fúzió során felszabaduló neutronokat használják fel, melyek a lítiumot héliummá és tríciummá hasítják. Az animáción a ${}^6\text{Li}$ izotóp hasítása látható (neutron: sárga, proton: piros) A Li-6 a lítium ritkább természetes izotópja, mely kb. 7,4%-át adja a földi lítiumnak. A 92,6%-os gyakoriságú közönséges ${}^7\text{Li}$ izotóp szintén termel tríciumot.

${}^3_1\text{H}$ Trícium



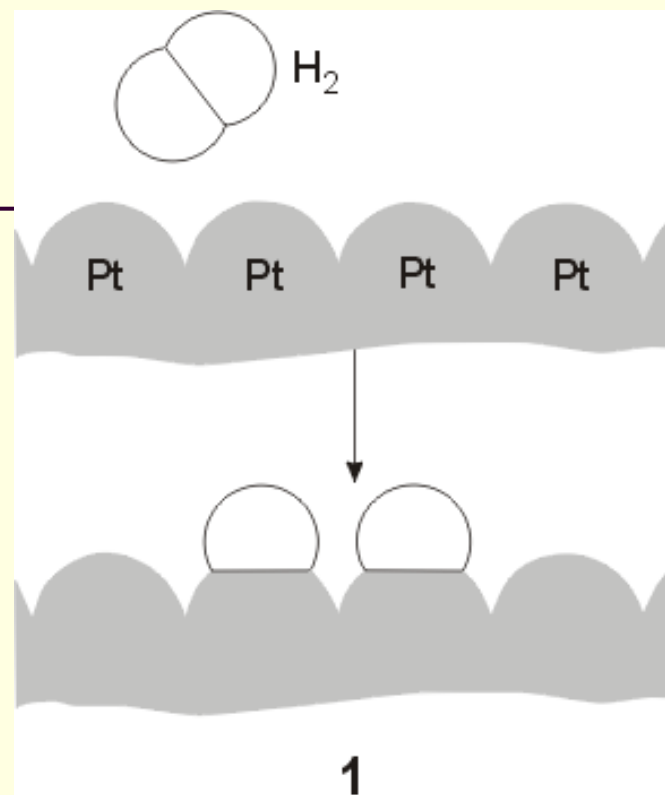
Fizikai tulajdonságai

- színtelen, szagtalan, íztelen gáz
- legkönnyebb gáz (14,4-szer könnyebb a levegőnél)
- nagy a diffúziós sebessége, jó a hővezető képessége
- magas a fajhője
- nagy az elektromos vezetőképessége
- olvadáspont ($-252,8^{\circ}\text{C}$), forráspont ($-239,9^{\circ}\text{C}$) alacsony
- nehezen cseppfolyósítható



Fizikai tulajdonságai

- cseppfolyós oldószerekben kevésbé oldódik (víz alatt felfogható)
- egyes fémekben (Pt, Pd) atomosan, jól oldódik (fizikai, kémiai oldódás)



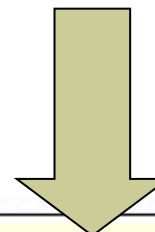
Kémiai tulajdonságai

Reakciókészség függ a molekula szerkezetétől

- atomos (naszcensz) hidrogén erélyes redukálószer
- molekuláris hidrogén reakciókészsége kicsi (nagy aktiválási energia)

A hidrogén és vegyületei

A hidrogén vegyületei		
Kis <i>EN</i> -ú fémekkel (sószerű hidridek)	A d-mező egyes fémeivel	nagyobb <i>EN</i> -ú fémek és nemfémek vegyületei
<ul style="list-style-type: none"> – fehérek, szilárdak – vízzel azonnal reakcióba lépnek: $\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \text{H}_2$ (redox- és sav-bázis reakció egyszerre) <ul style="list-style-type: none"> – példa: NaH, CaH₂ 	A Pt és a Pd atomosan „oldja” illetve adszorbeálja nem sztöchiometrikus összetételben	Kovalens hidrogénvegyületek tartoznak ide, molekulárcsós szerkezettel.



Kovalens hidrogénvegyületek				
BH ₃ (B ₂ H ₆)	CH ₄ SiH ₄ GeH ₄ SnH ₄	NH ₃ PH ₃ AsH ₃ SbH ₃	H ₂ O H ₂ S H ₂ Se H ₂ Te	HF HCl HBr HI
<ul style="list-style-type: none"> – apolárosak – vízben gyakorlatilag nem oldódnak – op., fp. a molekulatömeg növekedésével nő, de viszonylag alacsonyértékű 		<ul style="list-style-type: none"> – dipólusosak – vízben jobban oldódnak – savi karakterük az NH₃ → HI irányban nő – az op.-t és az fp.-t a molekulatömeg és a másodrendű kötőerők együttesen határozzák meg (hidrogénkötések miatt kiugróan magas lehet az op.) 		
Standardállapotban a víz kivételével valamennyien gáz halmazállapotúak.				

A hidrogén vegyületei (pl.)

Nátrium-hidrid (NaH)



Nátrium-alumínium-hidrid (NaAlH₄)



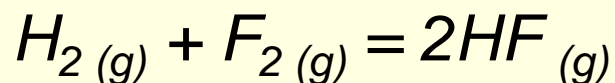
Foszfor-hidrid (PH₃, foszfin gáz)



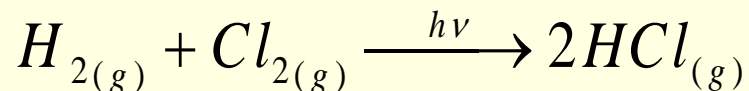
Kémiai reakciók

Halogénekkal (halogenideket alkotnak)

- fluorral sötétben, hidegen, robbanásszerűen reagál



- klórral (láncreakció, fény vagy hő jelenlétében robbanásszerűen reagál)



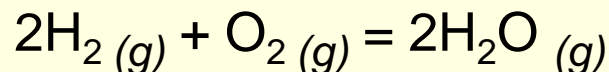
- brómmal és jóddal magasabb hőmérsékleten, lassan, egyensúlyi reakció

A hidrogén-halogenidek vízzel hidrolizálnak (erős savat képeznek)!

Kémiai reakciók

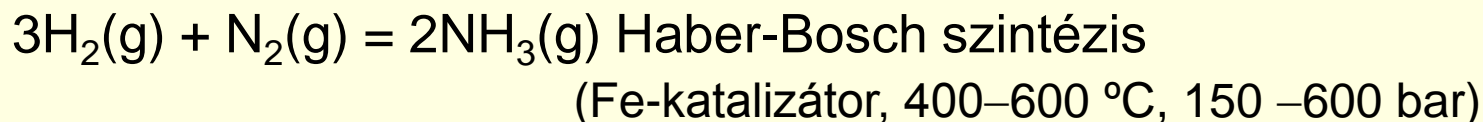
Oxigénnel

- szobahőmérsékleten nem
- meggyújtva, színtelen lánggal vízzé ég el

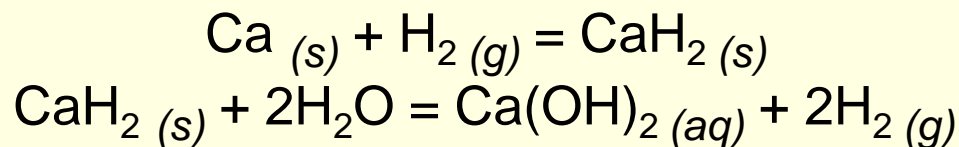


- durranó gáz ($\text{H}_2(g) : \text{O}_2(g) = 2 : 1$)

Nitrogénnel csak katalizátor jelenlétében, magas hőmérsékleten (ammóniagyártás):



Alkálifémekkel, alkáliföldfémekkel sószerű hidrideket alkot.



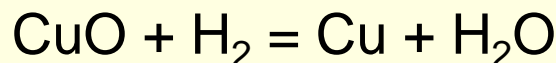
Kémiai reakciók

Átmenetifémekkel - interszticiális fémhidrideket alkot

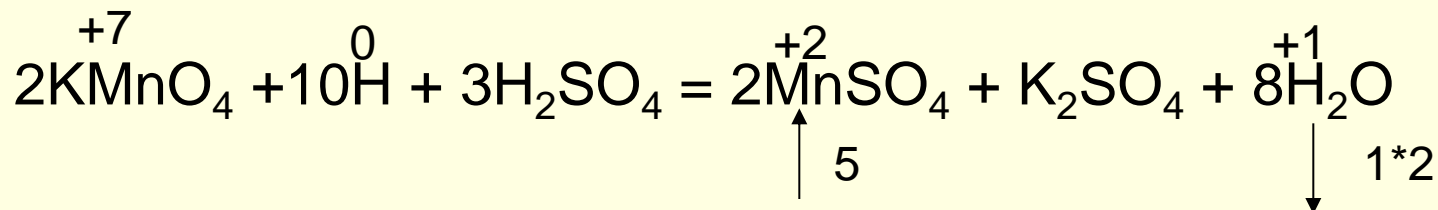
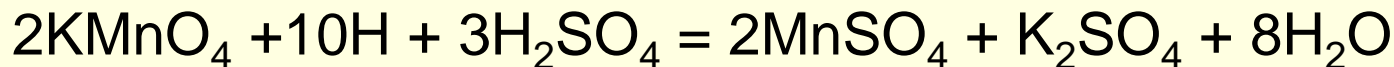
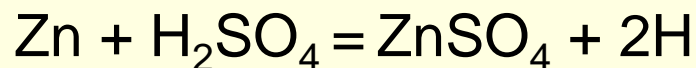
Erélyes redukálószer

- **hidrogéngáz:**

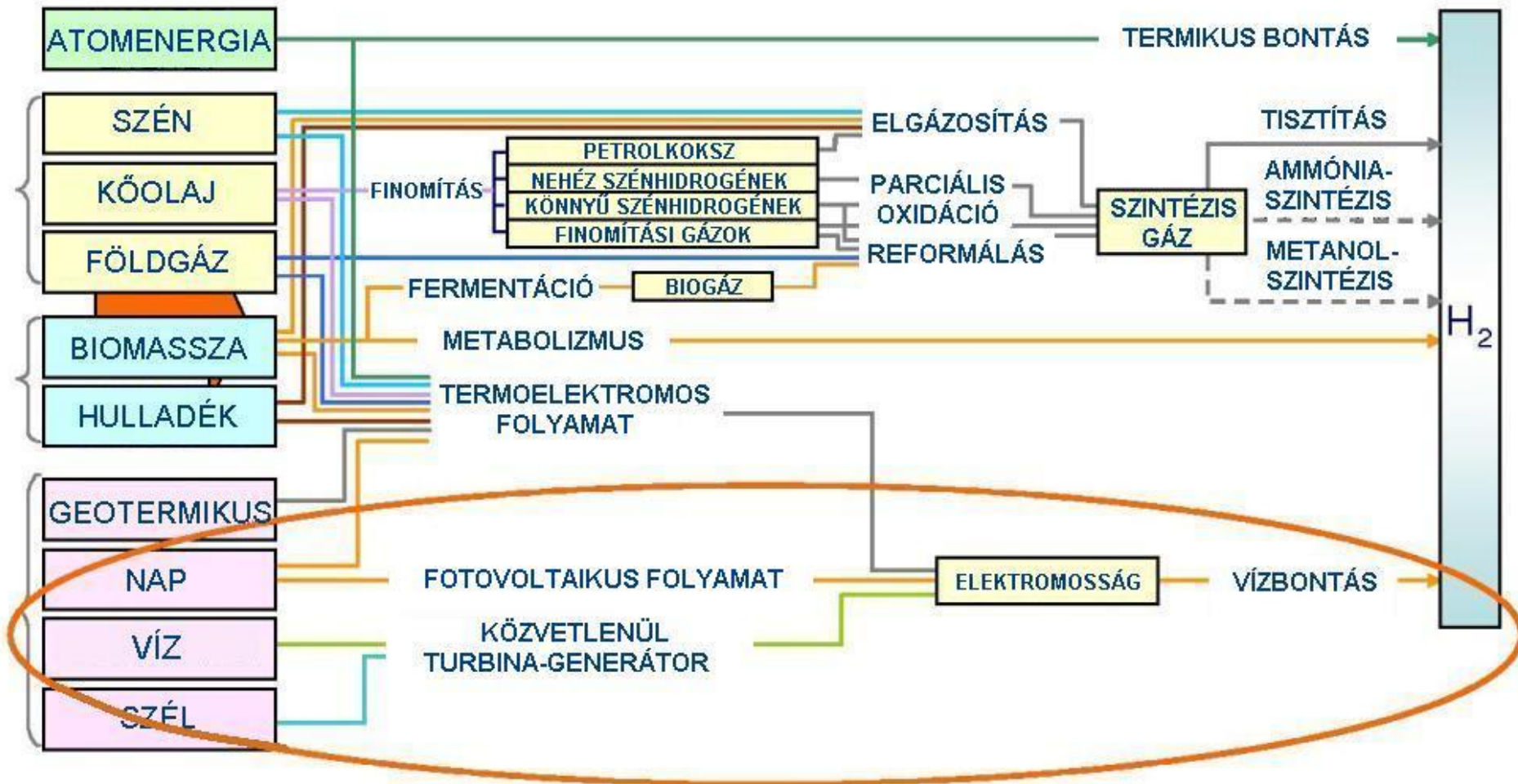
magas hőmérsékleten a pozitív standard potenciájú fémek oxidjait redukálja, pl.:



- **naszcenz (atomos) hidrogén**



Előállítás



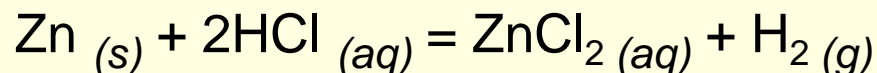
Forrás: HySchool-presentations: *Hydrogen and Fuel Cell Technologies*, Bardonecchia, 2007

Forrás: www.gesc.sk/wp-content/uploads/2013/01/dory_oc.ppt

Előállítás

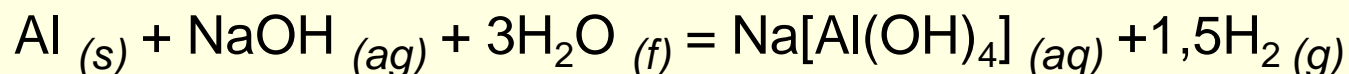
- **Savakból**

a hidrogénnél negatívabb standard potenciálú fémekkel, pl.:



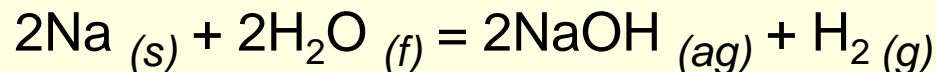
- **Lúgokból**

amfoter fémekkel, pl.:



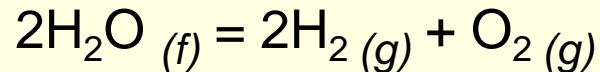
- **Vízből**

a legkisebb standard potenciálú fémekkel, pl.:



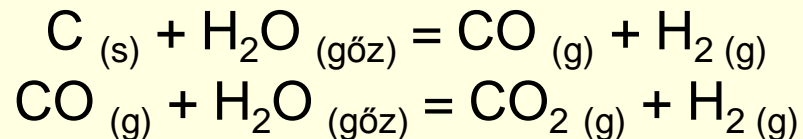
Előállítás

- Víz elektrolízisével (Pt elektródokkal)

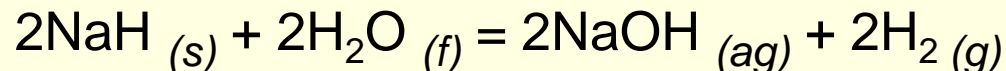


- $\text{CH}_4_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} = \text{CO}_{(g)} + 3\text{H}_{2(g)}$
(Ni-katalizátor, 800–1000°C, 10 –50 bar;
1000 °C-on Al-oxid-katalizátor)

- Vízgáz reakció



- Sószerű hidridek víz reakciójával



- biogázból (metán) ideértve a depógázt is tisztítási eljárásokkal
- etanolból – metanolból
- mesterséges fotoszintézis útján

Durranógáz kísérlet

Példa hidrogén fejlődésére cinkből, valamint reakciójára oxigénnel



Hidrogén tárolása

Volume Mass Pressure Temp.



Hydrogen gas
(298 K, 25°C)
0.01 mol H₂·cm⁻³
at 200 bar



Liquid hydrogen
(21 K, -252°C)
0.0708 g·cm⁻³
0.0354 mol H₂·cm⁻³
at 1 bar



Absorbed hydrogen
(298 K, 25°C)
e.g. LaNi₅H₆
0.05 mol H₂·cm⁻³
at 2 bar



Adsorbed hydrogen
(65 K, -208°C)
0.01 mol H₂·cm⁻³
at 70 bar

- Ha a levegőben atmoszférikus nyomáson 4,1-74 tf % H₂ van jelen, robbanóelegy jön létre.

A hidrogén tárolható:

- tartályban nagy nyomáson
 - cseppfolyós állapotban alacsony hőmérsékleten
 - valamilyen anyagban elnyelve; pl. a fémekben oldott hidrogén is felhasználható energiatárolásra
 - adszorbeálva



Felhasználás

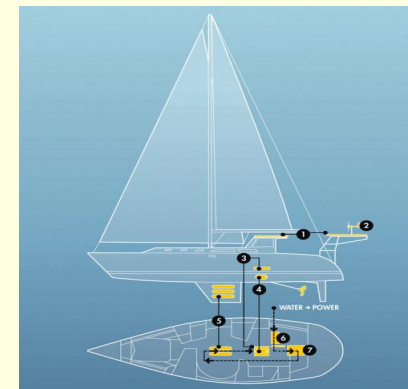
- redukálószer
- ammóniagyártás (Haber-Bosch)
- HCl előállítás
- olajsavak telítése: növényi olajok katalitikus hidrogénezése (margaringyártás)
- szintetikus vegyipar (pl. ammónia-, metanol-, benzingyártás)
- autogén hegesztés (+ O₂ 2500°C), fűtés, hajtóanyag
- fémhidridek, komplex fémhidridek előállítása
- nehézvíz (D₂O): atomreaktorokban neutronlassítóként



Felhasználási lehetőségek



Hidrogén



Felhasználási lehetőségek

fúziós erőmű , gépkocsi üzemanyag, üzemanyag cella
szélesebb körű elterjesztése

Fúziós erőmű

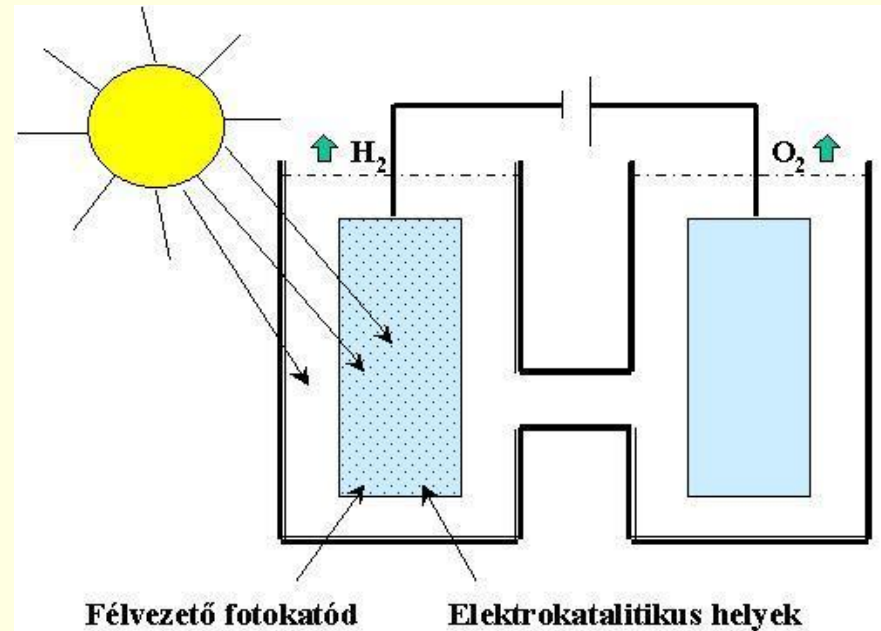
- ez az energia előállítás nem sorolható a "megújulók" közé
- még kísérleti stádiumban van
 - ismereteink szerint a világegyetem leggyakoribb elemei a hidrogén és a hélium (~99%), azaz az elemszintézis alapanyagai, kimeríthetetlennek tűnik ezen energiahordozó szempontjából.
 - az elemek nukleáris fúzióval történő keletkezése első lépésének a hidrogén az alapeleme, ezért jelenleg a hidrogén lehet az ún. fúziós erőmű „tüzelőanyaga”.
 - a megvalósítás problémái
 - magas hőmérsékletet ($5 - 10 \times 10^6$ K) kell biztosítani a beindításhoz
 - a felszabadult energia felhasználhatóvá tétele nem megoldott

Felhasználási lehetőségek

fúziós erőmű , gépkocsi üzemanyag, üzemanyag cella
szélesebb körű elterjesztése

Napenergia segítségével elektrolízis útján hidrogén állítható elő

- a Föld felszínének 2/3-át víz borítja, a hosszú távú felhasználásnak nincs akadálya, mert a körfolyamat biztosítja a "megújulást,, az energianyerés után a vizet visszakapjuk
- a megfelelő hatásfokú vízbontási, energiaátalakítási és tárolási technológiák kialakítása, továbbfejlesztése folyamatban van
- még nem teljesen megoldott viszont a hidrogén biztonságos, elegendően nagy energiasűrűségű, gazdaságos tárolása, valamint a kimerült tárolóegységek újratöltése. Mindezek biztonsági kérdéseket vetnek fel, de nem elhanyagolható a nagynyomású rendszer járulékos tömegeinek hatása sem.



Forrás: <http://www.nyf.hu/others/html/kornyeztud/megujulo/Hidrogen/Hidrogen.html>

Felhasználási lehetőségek

fúziós erőmű , gépkocsi üzemanyag, üzemanyag cella
szélesebb körű elterjesztése

Hidrogénnel hajtott belsőégésű motorok

- jelenleg a gépjárművek többségét belsőégésű motorok hajtják (előnye: évszázados mérnöki és kutatómunka tapasztalatai)
- a hidrogén üzemanyag alkalmazásakor a hidrogén is égés során szabadítja fel az energiát mint, a ma használt üzemanyagok, azonban tömegegységre vonatkoztatott fűtőértéke a benzinének vagy a gázolajénak közel háromszorosa
- a forró kipufogógáz felhasználható a hidrogén tároló tartály fűtésére, így gyorsítva meg a hidrogéntároló anyag hidrogén leadását
- előnye, hogy a hidrogén égése során csak vízgőz keletkezik, ami nem szennyezi a környezetet, visszakerülve a föld természetes vízkörforgásába újra felhasználható hidrogén előállítására

Felhasználási lehetőségek

fúziós erőmű , gépkocsi üzemanyag, üzemanyag cella
szélesebb körű elterjesztése

■ Üzemanyagcellák

- szárazelemekhez hasonlóan kémiai reakciók útján elektromos áramot állítanak elő (kimerülésük után hulladékká válnak)
- az üzemanyagcella mindaddig használható, amíg az üzemanyagát biztosítjuk
 - ez a legtöbbször hidrogén, de léteznek metánnal és metanollal működő cellák is
 - a hidrogénnel működő cella, katalizátorok és speciális membránok segítségével a hidrogénből és oxigénből vizet és elektromos áramot állít elő
 - a reakció során a hidrogénből víz keletkezik, környezeti szempontból a hidrogén felhasználása előnyösebb, mert a a szénvegyületekből szén-dioxid is keletkezik

Felhasználási lehetőségek

fúziós erőmű , gépkocsi üzemanyag, üzemanyag cella
szélesebb körű elterjesztése

- az üzemanyagcellát tömegközlekedésben már használják, pl. az USA-ban és az űrsiklón is ezek szolgáltatják az elektromosság egy részét
- ezek a készülékek hatalmasak, és a kW-MW teljesítménytartományban üzemelnek; kutatások folynak a miniatürizálás irányában, pl. mobiltelefonra illeszkedő változat
- előnye az akkumulátorokkal szemben:
 - gyorsan utántölthető
 - várhatóan lehetséges lesz a jelenlegi akkumulátoroknál nagyobb kapacitását előállítani belőle
 - gyakorlatilag korlátlan a cella élettartama
- BMW-nél évek óta kísérleteznek a hidrogén hatású autókkal



Hi-ORCA

2014. májusban a Shell Eco-marathonon Rotterdamban a PTE PMMIK csapata 1 kilowattóra energia felhasználásával 144 kilométert tett meg, 7. hely


Toyota 2015-re hidrogén-cellás tömegautót tervez



- Hazai tervek BÜKK-MAK Bükkaranyos
 - Szélenergia alapú hidrogén termelés, tárolás, kapcsolt hő- és villamosenergia-hasznosítás
- Egyéb nem megújuló, de CO₂ semleges technológiával:
 - 300 MW vízbontás, 3 óra hidrogéntárolás
 - Vízbontó létesítése; hidrogén töltőállomás, autók, buszok.



Hidrogénkút - München



Köszönöm a figyelmet!

Nemesgázok

Dolgosné dr. Kovács Anita egy.doc.
PTE PMMIK
Környezetmérnöki Tanszék

Nemesgázok

- Periódusos rendszer:

VIII.A

He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn

- Vegyértékhéj szerkezetük

ns^2np^6

„nemesgáz”-szerkezet (e^- oktett)

(kiv.: He: $1s^2$)

Fizikai tulajdonságaik

- egyatomos molekulát alkotnak
- nehezen cseppfolyósíthatók
- szagtalanok, színtelenek
(a VIS fényt nem abszorbeálják, de ritkított áll.-ban elektromos kisülés hatására jellegzetes vonalas színeképet adnak, például Ne-csövek)
- vízben csak kevéssé oldódnak, szerves oldószerekben és cseppfolyós levegőben jobban

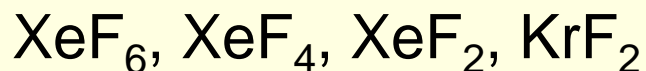
Kémiai tulajdonságaik

ns^2np^6 → stabil e^- szerkezet

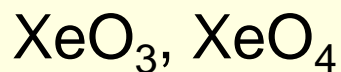
Vegyületeik szerkezete szimmetrikus, stabil
(pl.: XeF_4)

■ 1960-tól állították csak elő vegyületeiket

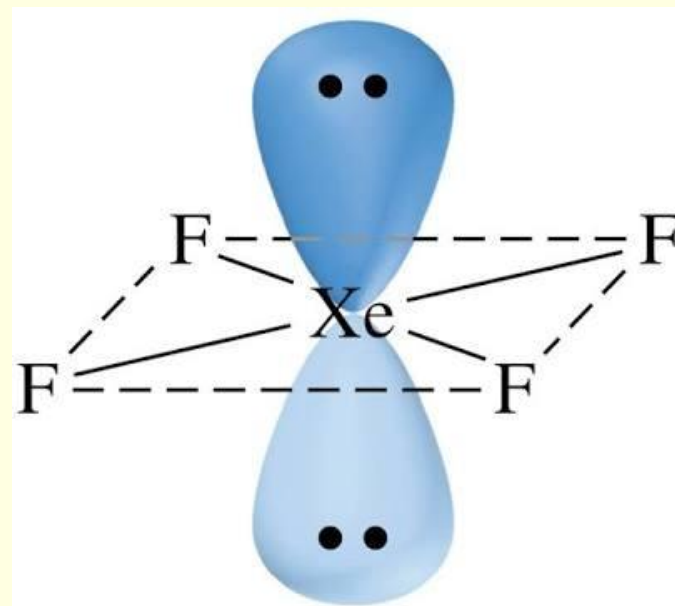
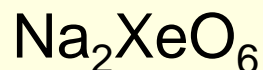
■ fluoridok



■ oxidok



■ összetett oxidok



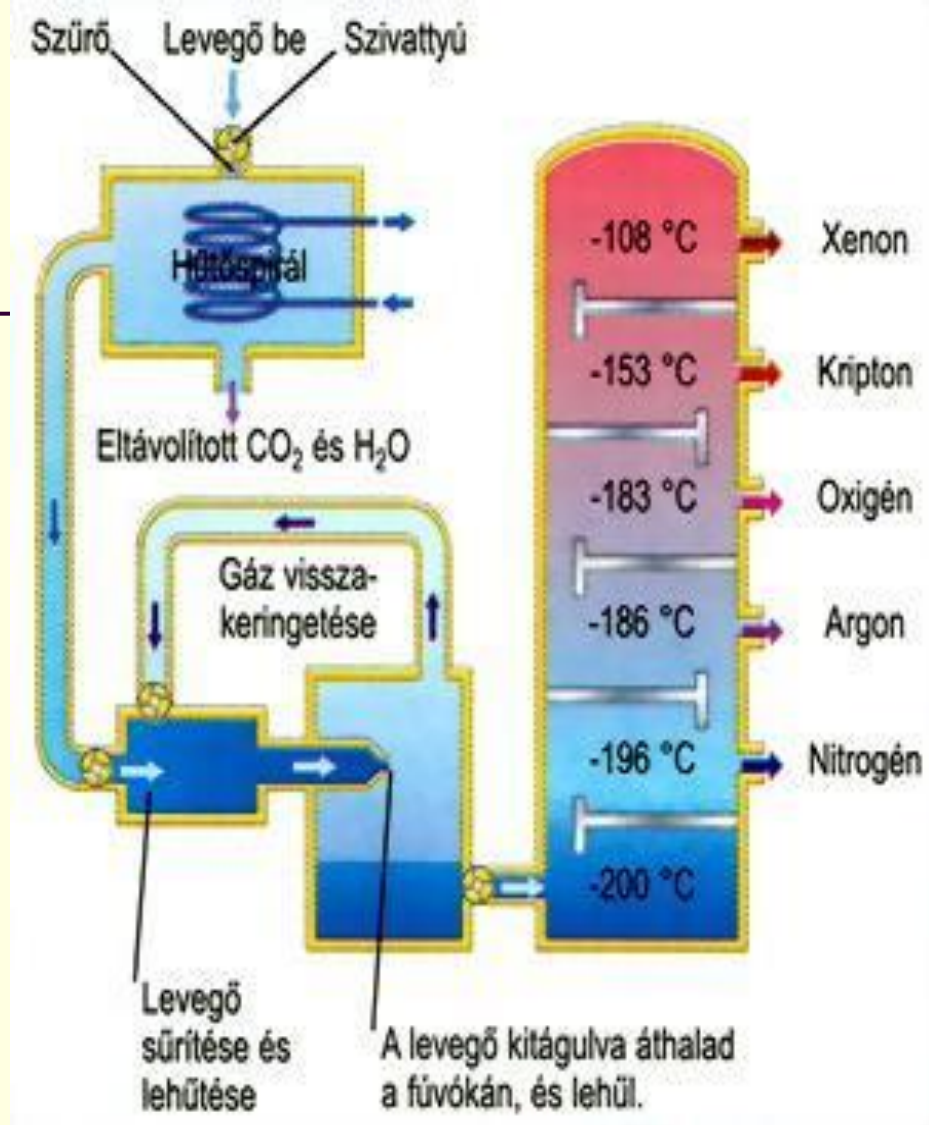
Természetbeni előfordulás

He	a levegőben 5×10^{-6} V/V%; a Világegyetem 2. leggyakoribb eleme (H: 46%, He:23%); radioaktív bomlás termékeként; földgázban (USA); ásványi zárványként (például: uránérccek)
Ne	a levegőben $1,8 \times 10^{-5}$ V/V%;
Ar	a levegőben 0,932 V/V%
Kr	a levegőben 10^{-6} V/V%
Xe	a levegőben 8×10^{-8} V/V%
Rn	a levegőben 5×10^{-20} V/V% Radioaktív bomlásterméként; ásványvizekben

Előállítás

többnyire a cseppfolyós levegő frakcionált desztillációjával

- a levegő nagy nyomásra összesűrítve, majd kis fűvőkán kitágítva erősen lehül és -200°C -on valamennyi összetevője folyékony állapotba kerül. Az összetevői forráspontjuk alapján elkülöníthetők. Alk.: nitrogén, oxigén és nemesgázok előállítására.



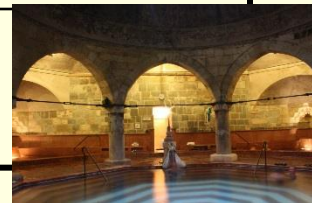
Forrás: www.uni-miskolc.hu/.../Kutatok_ejszakaja_latvanyos_kiserletek_2009.p...

- He: például: földgázból a többi alkotó cseppfolyósításával
- Rn: radioaktív bomlások termékeként

Antropogén felhasználás

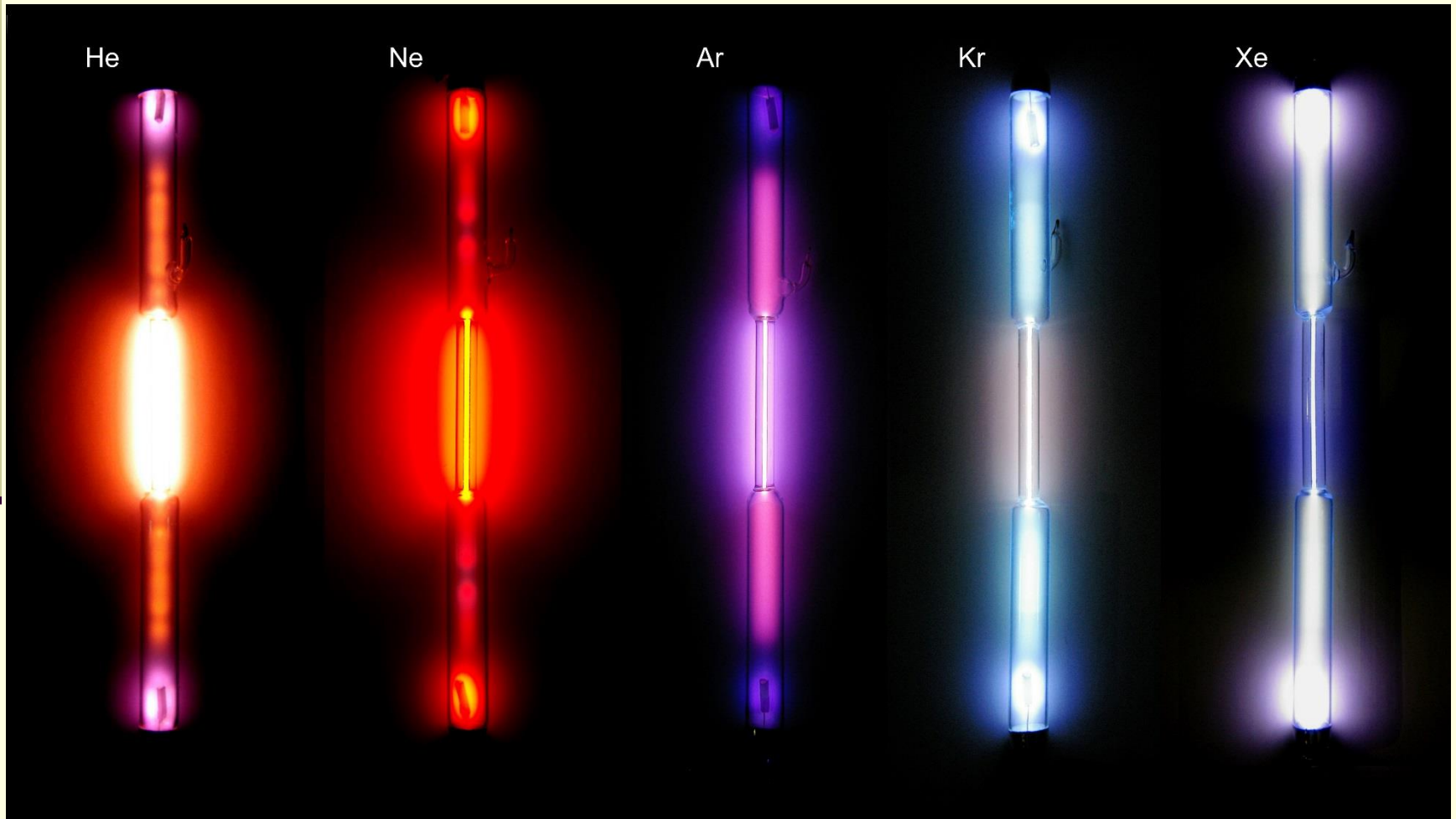


He	Léggömb töltése; kis hőmérsékletek előállítása; Hűtőgáz (atomreaktorokban); mesterséges levegő (búvárok: He+O ₂); világítástechnika; radioaktív kormeghatározás
Ne	fénycsövek töltése (n.s.)
Ar	fénycsövek töltése (k.); védőgáz (hegesztésénél; egyes fémek előállításánál; kém.-i reakcióknál)
Kr	izzólámpák töltése (E takarékos izzók) (1936. Bródy Imre)
Xe	¹³³ Xe izotópot orvosi diagnosztikára alk. (tüdő, légzőrendszer.)
Rn	sugárterápia; gyógyvizek (pl. Rudas, Juventus), Be-al keverve neutronforrás (geológiai rétegek szelvényezésére)




Antropogén felhasználás

Különböző nemesgázzal töltött gázkisülésű fénycsövek



Irodalmak

- Dr. Berecz Endre: Kémia műszakiaknak. Tankönyvkiadó, Budapest, 1991
- Dr. Bodor Endre: Szervetlen kémia I-III., Veszprémi Egyetem, Veszprém, 1994
- Dr. Bot György: Általános és szervetlen kémia. Medicina, Budapest, 1987
- Papp Sándor – Rolf Kümmel: Környezeti kémia. Tankönyvkiadó, Budapest, 1992
- Papp Sándor: Biogeokémia – Körfolyamatok a természetben. Veszprémi Egyetemi Kiadó, Veszprém, 2002
- Dr. Papp Sándor (szerk.): Környezeti kémia. HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0 az. „A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” c. pályázat anyaga
- <http://www.nyf.hu/others/html/kornyezettud/megujulo/Hidrogen/Hidrogen.html>
- Dőry Zsófia: A hidrogén szerepe az energia tárolásban; www.gesc.sk/wp-content/uploads/2013/01/dory_oc.ppt



Köszönöm a figyelmet!