

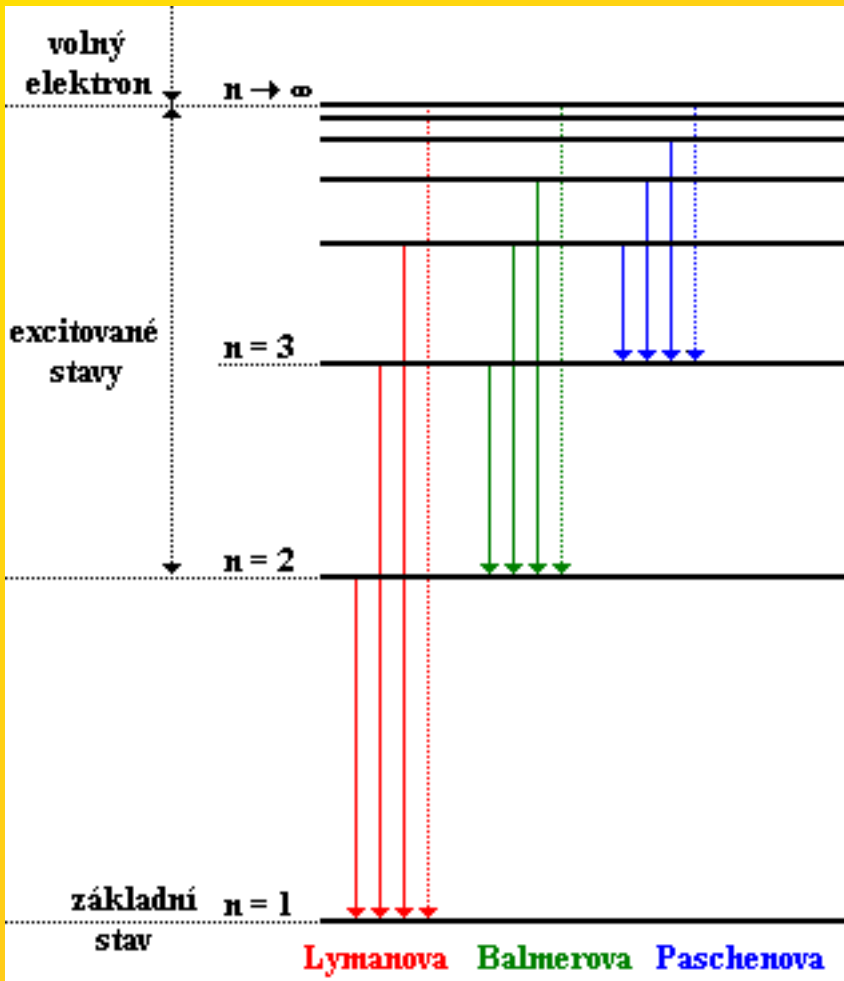
## 2. Chemie vodíku, rozdíly a podobnosti sloučenin vodíku, reaktivita a možnosti využití

1 IA	2 IIA
Vodík 1 <b>H</b> 1,00794(7)	
Lithium 3 <b>Li</b> 6,941(2)	Beryllium 4 <b>Be</b> 9,012182(3)
Sodík 11 <b>Na</b> 22,989770(2)	Hořčík 12 <b>Mg</b> 24,3050(6)
Draslík 19 <b>K</b> 39,0983(1)	Vápník 20 <b>Ca</b> 40,078(4)
Rubidium 37 <b>Rb</b> 85,4678(3)	Stroncium 38 <b>Sr</b> 87,62(1)
Cesium 55 <b>Cs</b> 132,90545(2)	Baryum 56 <b>Ba</b> 137,327(7)
Francium 87 <b>Fr</b> (223,0197)	Radium 88 <b>Ra</b> (226,0254)

3 III B	4 IV B	5 V B	6 VI B	7 VII B	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 I B	12 II B
Skandium 21 <b>Sc</b> 44,955910(8)	Titan 22 <b>Ti</b> 47,867(1)	Vanad 23 <b>V</b> 50,9415(1)	Chrom 24 <b>Cr</b> 51,9961(6)	Mangan 25 <b>Mn</b> 54,938049(9)	Železo 26 <b>Fe</b> 55,845(2)	Kobalt 27 <b>Co</b> 58,933200(9)	Nikl 28 <b>Ni</b> 58,6934(2)	Měď 29 <b>Cu</b> 63,546(3)	Zinek 30 <b>Zn</b> 65,39(2)
Yttrium 39 <b>Y</b> 88,90585(2)	Zirkonium 40 <b>Zr</b> 91,224(2)	Niob 41 <b>Nb</b> 92,90638(2)	Molybden 42 <b>Mo</b> 95,94(1)	Technecium 43 <b>Tc</b> (98,9063)	Ruthenium 44 <b>Ru</b> 101,07(2)	Rhodium 45 <b>Rh</b> 102,90550(2)	Palladium 46 <b>Pd</b> 106,42(1)	Stříbro 47 <b>Ag</b> 107,8682(2)	Kadmium 48 <b>Cd</b> 112,411(8)
57-70 Lantha- noidy	Hafnium 72 <b>Hf</b> 178,49(2)	Tantal 73 <b>Ta</b> 180,9479(1)	Wolfram 74 <b>W</b> 183,84(1)	Rhenium 75 <b>Re</b> 186,207(1)	Osmium 76 <b>Os</b> 190,23(3)	Iridium 77 <b>Ir</b> 192,217(3)	Platina 78 <b>Pt</b> 195,078(2)	Zlato 79 <b>Au</b> 196,96655(2)	Rtuť 80 <b>Hg</b> 200,59(2)
89-102 Akti- noidy	Rutherfordium 104 <b>Rf</b> (261,110)	Dubnium 105 <b>Db</b> (262,1144)	Seaborgium 106 <b>Sg</b> (263,1166)	Bohrium 107 <b>Bh</b> (264,12)	Hassium 108 <b>Hs</b> (265,1306)	Mitnerium 109 <b>Mt</b> (266)	Ununnilium 110 <b>Uun</b> (269)	Unununium 111 <b>Uuu</b> (272)	Ununbium 112 <b>Uub</b> (277)

13 III A	14 IV A	15 V A	16 VI A	17 VII A	18 0
					Helium 2 <b>He</b> 4,002602(2)
Bor 5 <b>B</b> 10,811(7)	Uhlík 6 <b>C</b> 12,0107(8)	Dusík 7 <b>N</b> 14,00674(7)	Kyslík 8 <b>O</b> 15,9994(3)	Fluor 9 <b>F</b> 18,9984032(5)	Neon 10 <b>Ne</b> 20,1797(6)
Hliník 13 <b>Al</b> 26,981538(2)	Křemík 14 <b>Si</b> 28,0855(3)	Fosfor 15 <b>P</b> 30,973761(2)	Síra 16 <b>S</b> 32,066(6)	Chlor 17 <b>Cl</b> 35,4527(9)	Argon 18 <b>Ar</b> 39,948(1)
Gallium 31 <b>Ga</b> 69,723(1)	Germanium 32 <b>Ge</b> 72,61(2)	Arsen 33 <b>As</b> 74,92160(2)	Selen 34 <b>Se</b> 78,96(3)	Brom 35 <b>Br</b> 79,904(1)	Krypton 36 <b>Kr</b> 83,80(1)
Indium 49 <b>In</b> 114,818(3)	Cín 50 <b>Sn</b> 118,710(7)	Antimon 51 <b>Sb</b> 121,760(1)	Tellur 52 <b>Te</b> 127,60(3)	Jod 53 <b>I</b> 126,90447(3)	Xenon 54 <b>Xe</b> 131,29(2)
Thallium 81 <b>Tl</b> 204,3833(2)	Olovo 82 <b>Pb</b> 207,2(1)	Bismut 83 <b>Bi</b> 208,98038(2)	Polonium 84 <b>Po</b> (208,9824)	Astat 85 <b>At</b> (209,9871)	Radon 86 <b>Rn</b> (222,0176)

# Hydrogen emission spectrum



$$f = R(1/m^2 - 1/n^2)$$

kde  $n > m$

**$m=1$**  série Lymanova (UV)

**$m=2$**  série Balmerova (VIZ)

**$m=3$**  série Paschenova (IR)

**$m=4$**  série Brackettova (IR)

**$m=5$**  série Pfundova (IR)



Hydrogen emission spectrum lines in the visible range. These are the four visible lines of the Balmer series.

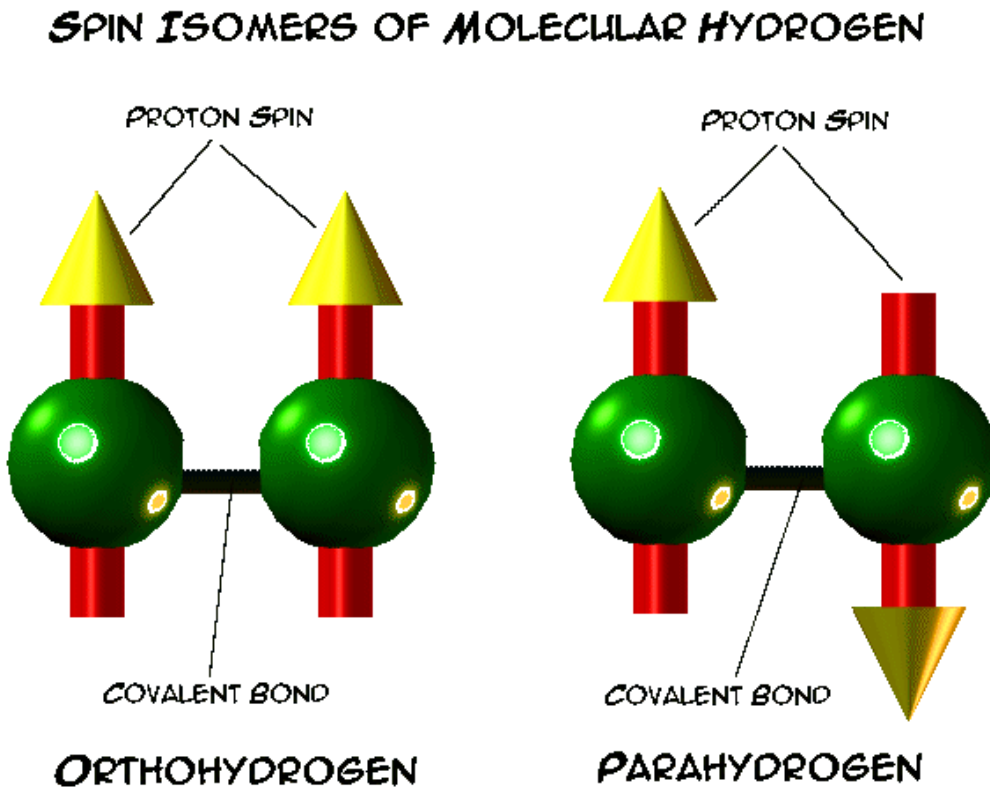
$^1\text{H}$ ,  $^2\text{H}$  (D) 0,0156 % v H,  $^3\text{H}$  (T) (čistý  $\beta$  zářič)

$\text{D}_2\text{O}$  b.t. 3,8 C, b.v. 101,4 C

$\text{H}_2$  – orto-, para- vodík (jaderné/spinové izomery)

20 K: 99,7 % para

vysoká teplota:  $\frac{3}{4}$  orto a  $\frac{1}{4}$  para (rovnováha nezávislá na teplotě)



$\text{D}_2$  – orto-, para- vodík

0 K: 100 % orto  
vysoká teplota: 66 % orto a 33 % para

$\text{T}_2$  – orto-, para- vodík

Rozdělení jako u  $\text{H}_2$

## **$^3\text{H}$ (T): radioaktivní**

- poločas 12,4 let
- připraveno reakcí  $^2\text{H}(^2\text{H}, \text{p})^3\text{H}$
- v přírodě vzniká  $^{14}\text{N}(\text{n}, ^3\text{H})^{12}\text{C}$
- vyrábí se reakcí  $^6\text{Li}(\text{n}, \alpha)^3\text{H}$
- používá se především v biochemii, ke značení a sledování metabolitů

## **Vazebné možnosti**

- **biatomické** molekuly  $\text{H}_2$  ( $\text{D}_2$  nebo  $\text{T}_2$ )
- kovalentní dvouelektronová  $\sigma$  vazba
- iontová vazba (hydridy elektropozitivních kovů)
- vodíková vazba (více dále)

**H,  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}^+$**  (extrémně malý, vždy solvatovaný),  **$\text{H}^-$**  (objemný, silná báze),  **$\text{H}_2^+$ ,  $\text{H}_2^-$ ,  $\text{H}_3^+$**

# H jako základ protonových kyselin

## Síla kyselin se mění:

- 1) U vícesytných kyselin se po sobě jdoucí disociační konstanty  $K_a$  snižují přibližně v poměru  $1 : 10^{-5} : 10^{-10} : \dots$
- 2) Hodnota první disociační konstanty závisí u kyselin  $XO_m(OH)_n$  citlivě na  $m$ , při konstantním  $m$  je na  $n$  nezávislá

*$pK_a$  některých jednojaderných kyselin*

$X(OH)_n$ (velmi slabé)	$XO(OH)_n$ (slabé)	$XO_2(OH)_n$ (silné)	$XO_3(OH)_n$ (velmi silné)
Cl(OH) 7,2	NO(OH) 3,3	NO <sub>2</sub> (OH) -1,4	ClO <sub>3</sub> (OH) (-10)
B(OH) <sub>3</sub> 9,2	ClO(OH) 2,0	ClO <sub>2</sub> (OH) -1,0	MnO <sub>3</sub> (OH)
Si(OH) <sub>4</sub> 10,0	SO(OH) <sub>2</sub> 1,9	SO <sub>2</sub> (OH) <sub>2</sub> < 0	

# Vodíková vazba

- elektrostatický model (převládá u slabých vazeb)
- kovalentní model (převládá u silných vazeb)



kde A je elektronegativní atom a B má většinou volný elektronový pár

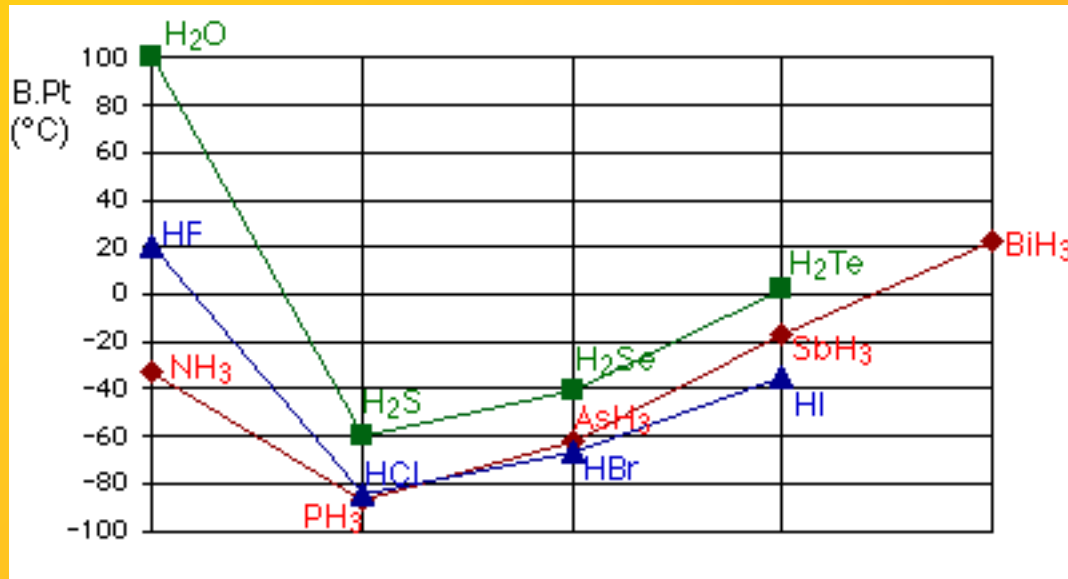
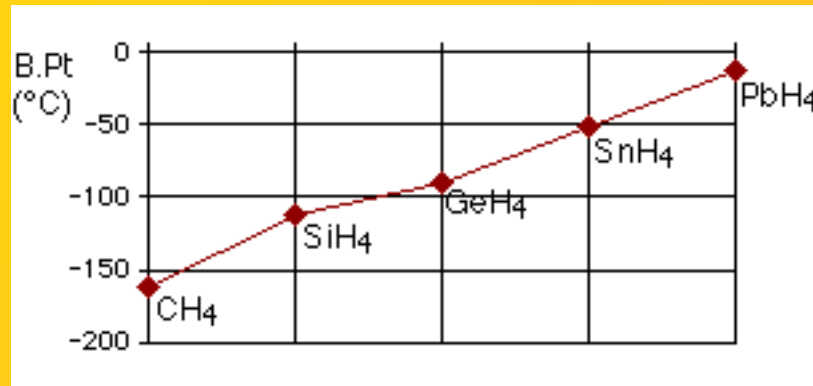
**A:** F, O, N občas C a P, S, Cl, Br, I

**B:** F, O, N (ne C)

**NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O a HF** mají anomálně vysoké t. t., t. v., vyp. t.

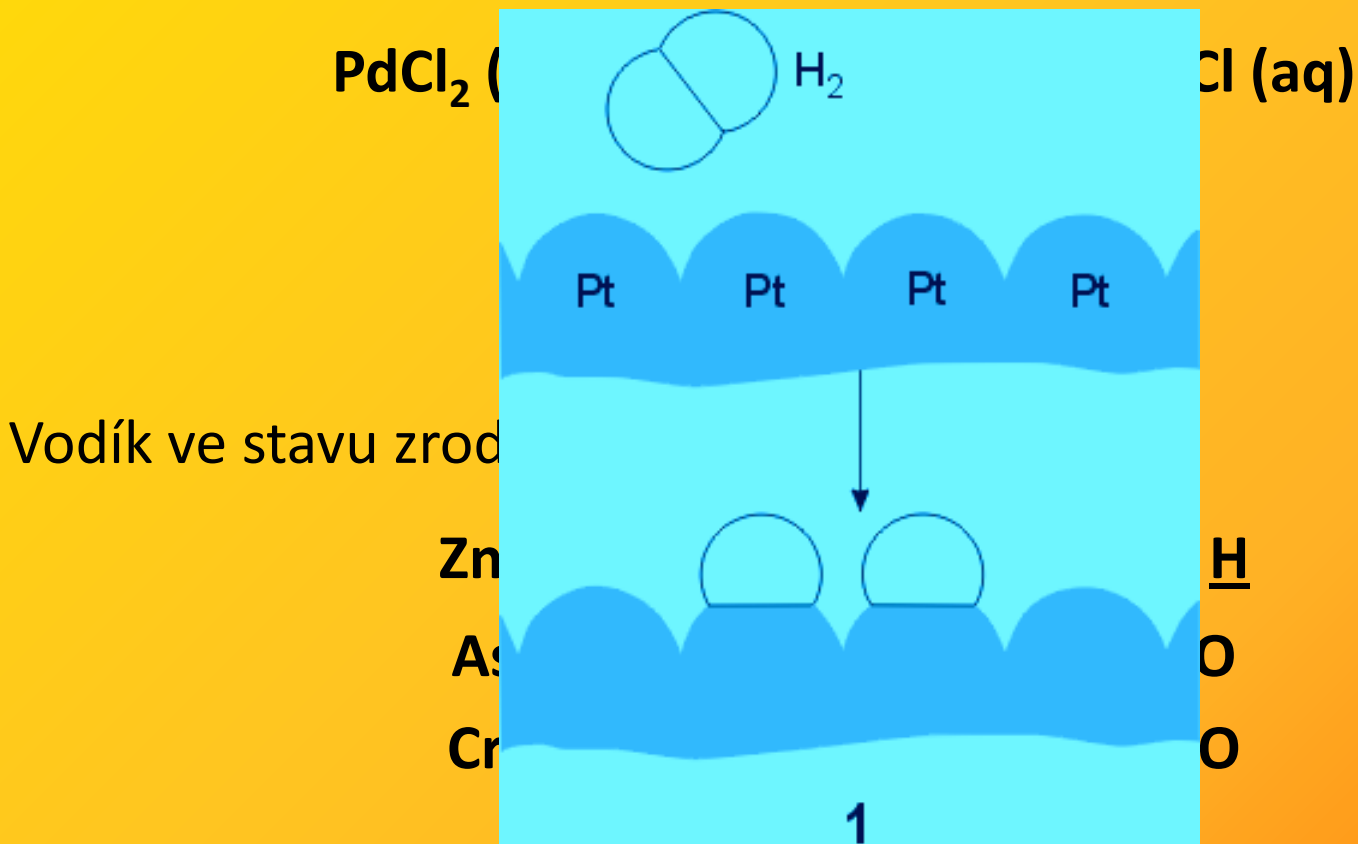
Vliv na strukturu (DNA), vibrační a jiná spektra atd.

# Vliv H můstků na body varu



# Reaktivita

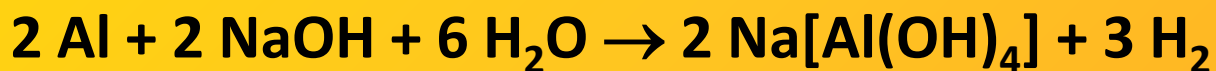
H<sub>2</sub> málo reaktivní, reakce je vhodné katalyzovat (Ni, Pd, Pt), má **redukční vlastnosti**







## Laboratorní příprava (Kippův přístroj)

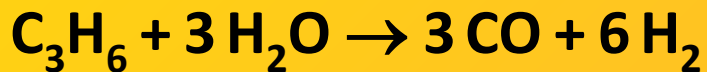


Elektrolýza

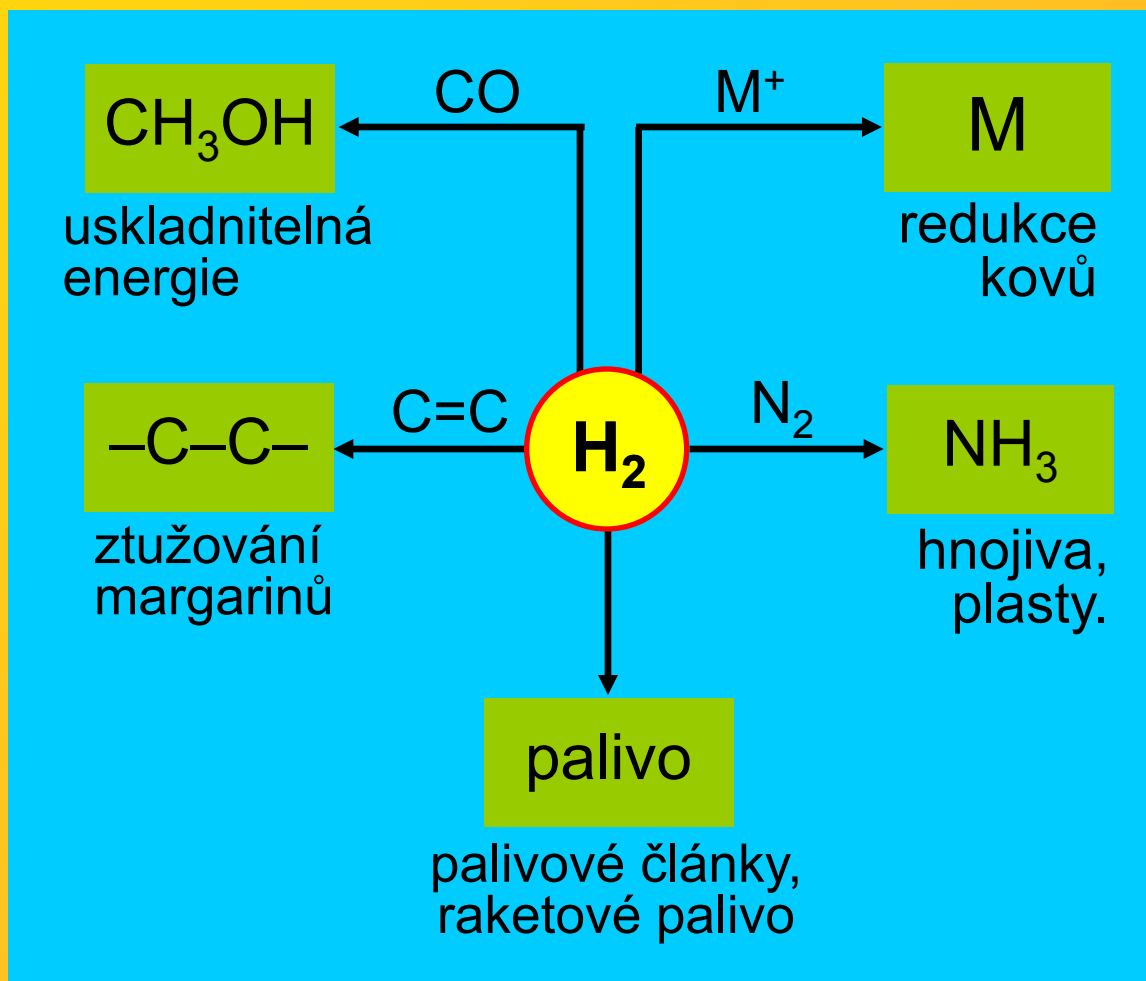


## Průmyslová výroba:

Konverze vodního plynu



# Použití:



# Sloučeniny vodíku - hydridy

Hydridy nerady tvoří prvky ze střední části přechodných prvků

**1) Iontové –  $H^-$**       **LiH – CsH,**  
**CaH<sub>2</sub> – BaH<sub>2</sub>**  
včetně Sc, Y, La -noidů, Ac -noidů

**tavenina:**      **LiH  $\rightarrow$  Li<sup>+</sup> + H<sup>-</sup>**  
vodík se vylučuje na anodě  
struktura LiH až CsH je NaCl

**příprava (výroba)**      **2 M + H<sub>2</sub>  $\rightarrow$  2 MH**  
(tlak, tepl. 300 – 700 °C)

reaktivní, často samozápalné, s vodou reagují (sušení rozpouštědel),  
výborné zdroje H<sub>2</sub>

## 2) Kovové

triáda Fe, skupina Cr a Pd, křehké látky kovového vzhledu, často polovodivé, struktura prozatím nejasná



## 3) Přechodné (mezi iontovými a kovovými)

skupina Ti, V, Ln(An)H<sub>3</sub>, obvykle bertholidy



## 4) Kovalentní

molekulové - prvky 14. – 17. skupiny, daltonidy, těkavé, termická stabilita klesá s rostoucím atomovým číslem prvku



polymerní - Be, Mg a 12. a 13. skupina  $\text{B}_2\text{H}_6$  - složité vazebné poměry

## 5) Komplexní

homogenní koordinační sféra



heterogenní koordinační sféra



anionty (vysoká koordinace díky malému rozměru atomu H)



<http://www.3dchem.com/inorganicmolecule.asp?id=611#>