

A glowing, textured sphere representing a hydrogen atom or a hydrogen star, set against a dark, fiery background. The sphere is bright yellow and orange, with a rough, fibrous texture. The background is dark with orange and red flames or energy waves.

Водород

<http://gazetadaily.ru/wp-content/uploads/2017/03/301065-alexfas01.jpg>

Водород в периодической таблице Д.И.Менделеева

H							H			He
Li	Be	B	C	N	O	F				Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl				Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	
Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br				Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	
Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I				Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	
Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At				Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	
111	112		114		116					118

IUPAC Periodic Table of the Elements

1 H hydrogen 1.007 84(7)																	2 He helium 4.002 602(2)
3 Li lithium 6.94(1)	4 Be beryllium 9.012 183(2)											5 B boron 10.81(1)	6 C carbon 12.0107(8)	7 N nitrogen 14.006 4(1)	8 O oxygen 15.999 4(1)	9 F fluorine 18.998 4032(3)	10 Ne neon 20.1797(3)
11 Na sodium 22.989 769(2)	12 Mg magnesium 24.304(6)	13 Al aluminum 26.981 538(6)	14 Si silicon 28.0855(8)	15 P phosphorus 30.973 762(2)	16 S sulfur 32.06(5)	17 Cl chlorine 35.45(3)	18 Ar argon 39.948(1)										
19 K potassium 39.0983(1)	20 Ca calcium 40.078(4)	21 Sc scandium 44.955 912(6)	22 Ti titanium 47.88(1)	23 V vanadium 50.9415(1)	24 Cr chromium 51.9961(6)	25 Mn manganese 54.938 044(3)	26 Fe iron 55.845(2)	27 Co cobalt 58.933 195(5)	28 Ni nickel 58.6934(4)	29 Cu copper 63.546(3)	30 Zn zinc 65.38(4)	31 Ga gallium 69.723(1)	32 Ge germanium 72.64(1)	33 As arsenic 74.921 6(2)	34 Se selenium 78.96(3)	35 Br bromine 79.904(1)	36 Kr krypton 83.796(2)
37 Rb rubidium 85.4678(3)	38 Sr strontium 87.62(1)	39 Y yttrium 88.905 84(2)	40 Zr zirconium 91.224(2)	41 Nb niobium 92.906 38(3)	42 Mo molybdenum 95.94(3)	43 Tc technetium 97.906 2(1)	44 Ru ruthenium 98.906 2(1)	45 Rh rhodium 101.07(2)	46 Pd palladium 106.42(1)	47 Ag silver 107.8682(1)	48 Cd cadmium 112.411(8)	49 In indium 114.818(1)	50 Sn tin 118.710(7)	51 Sb antimony 121.757(1)	52 Te tellurium 127.6(3)	53 I iodine 126.904 47(3)	54 Xe xenon 131.29(4)
55 Cs cesium 132.905 45(2)	56 Ba barium 137.327(1)	57-71 lanthanoids	72 Hf hafnium 178.49(1)	73 Ta tantalum 180.94788(1)	74 W tungsten 183.84(1)	75 Re rhenium 186.207(1)	76 Os osmium 190.23(1)	77 Ir iridium 192.222(1)	78 Pt platinum 195.078(2)	79 Au gold 196.966 569(5)	80 Hg mercury 200.59(2)	81 Tl thallium 204.38(3)	82 Pb lead 207.2(1)	83 Bi bismuth 208.980 4(1)	84 Po polonium 209(1)	85 At astatine 209(1)	86 Rn radon 222(1)
87 Fr francium 223(1)	88 Ra radium 226(1)	89-103 actinoids	104 Rf rutherfordium 261(1)	105 Db dubnium 262(1)	106 Sg seaborgium 263(1)	107 Bh bohrium 264(1)	108 Hs hassium 265(1)	109 Mt meitnerium 266(1)	110 Ds darmstadtium 271(1)	111 Rg roentgenium 272(1)							
57 La lanthanum 138.905(1)	58 Ce cerium 140.12(1)	59 Pr praseodymium 140.907 6(2)	60 Nd neodymium 144.24(1)	61 Pm promethium 144.9127(2)	62 Sm samarium 150.36(2)	63 Eu europium 151.964(1)	64 Gd gadolinium 157.25(1)	65 Tb terbium 158.925 3(1)	66 Dy dysprosium 162.500 5(1)	67 Ho holmium 164.930 32(2)	68 Er erbium 167.258(1)	69 Tm thulium 168.930 3(2)	70 Yb ytterbium 173.054(1)	71 Lu lutetium 174.967(1)			
89 Ac actinium 227(1)	90 Th thorium 232.037 7(1)	91 Pa protactinium 231.036 8(2)	92 U uranium 238.028 91(3)	93 Np neptunium 237.048 1(1)	94 Pu plutonium 244.063 9(2)	95 Am americium 243.061 3(1)	96 Cm curium 247.070 3(1)	97 Bk berkelium 247.070 3(1)	98 Cf californium 251.079 5(1)	99 Es einsteinium 252.083 3(1)	100 Fm fermium 257(1)	101 Md mendelevium 258(1)	102 No nobelium 259(1)	103 Lr lawrencium 262(1)			

Водород как элемент

- $V(\text{H}^+)/V(\text{H}) = 0,000000001 \text{ нм} / 0,046 \text{ нм} = 2,17 \cdot 10^{-8}$
- ПИ = 1312 кДж/моль (О 1314 кДж/моль, СІ 1251 кДж/моль, Кг 1351 кДж/моль)
- СЭ = 73 кДж/моль (Р 71 кДж/моль)

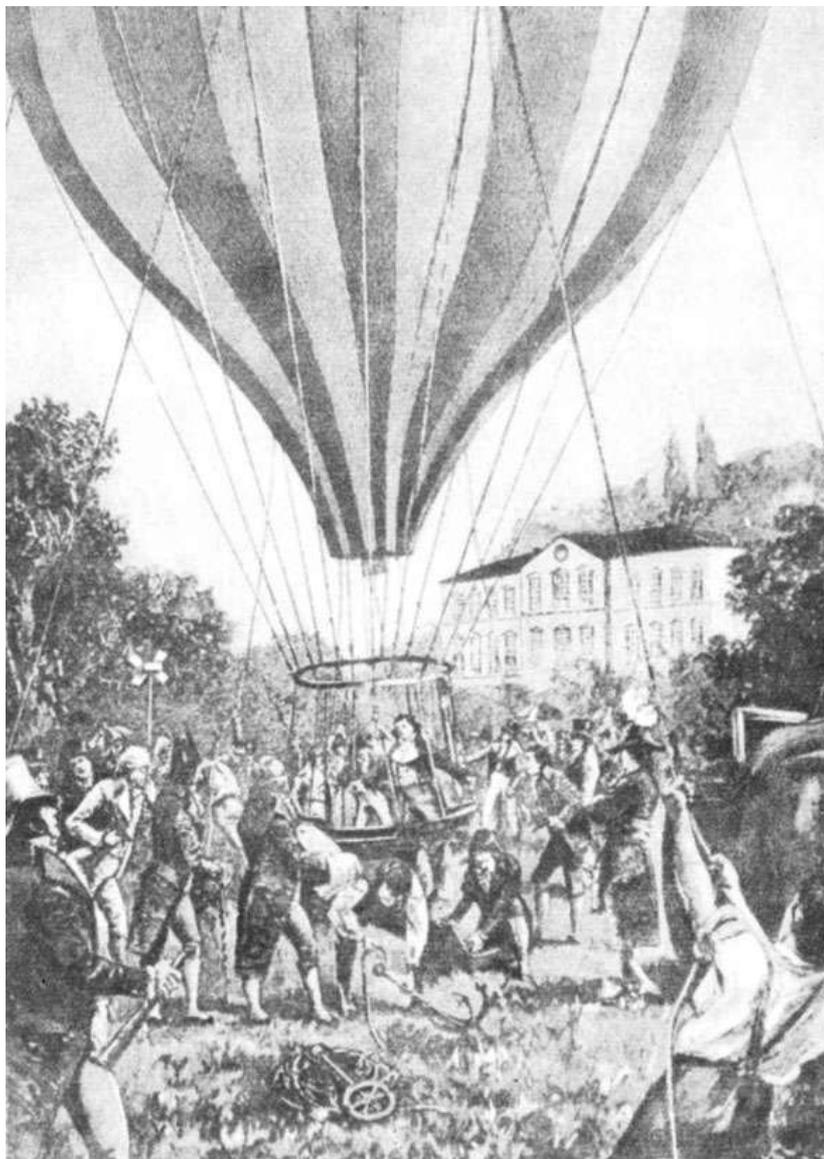
Изотопы водорода

Нуклид	Распространенность в природе, %	$\tau_{1/2}$
^1H	99,985	стабилен
^2H	0,015	стабилен
^3H	0	12,26 лет

Физические свойства молекулы водорода

свойства	H_2	D_2	T_2
Температура плавления, К	13,957	18,73	20,62
Температура кипения, К	20,39	23,67	25,04
Энергия диссоциации, кДж/моль	435,88	443,35	446,9
Межъядерное расстояние, нм	0,07414	0,07414	(0,07414)

Физические свойства H_2



1 г водорода:

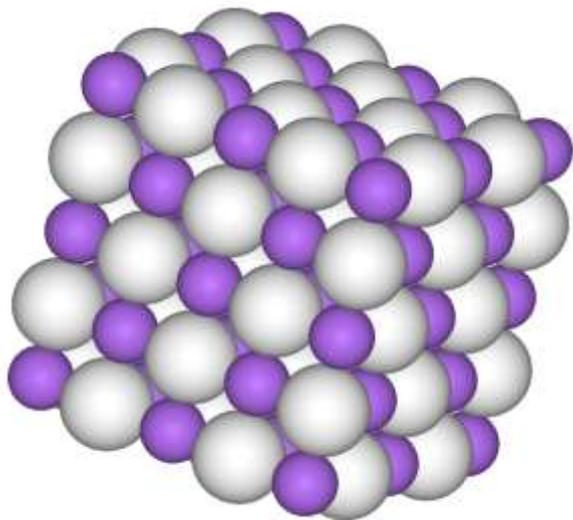


<http://fly-history.ru/books/item/f00/s00/z0000007/pic/000004.jpg>

Окислительные свойства H₂

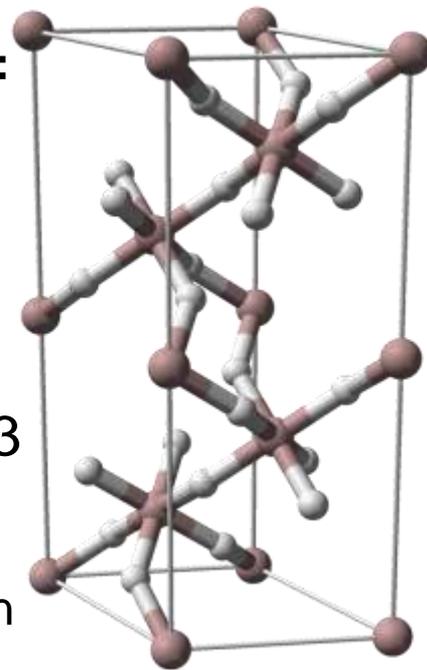
- $2\text{Li} + \text{H}_2 = 2\text{LiH}$
- $\text{Ca} + \text{H}_2 = \text{CaH}_2$
- $\text{Al, Mg} + \text{H}_2 \neq$
- $\text{AlH}_3 + \text{LiH} = \text{LiAlH}_4$
(в эфире)

<https://brokgauz.academic.ru/pictures/wiki/files/83/Sodium-hydride-3D-vdW.png>



NaH

- $\text{LiAlH}_4 + \text{HCl} = \text{LiCl} + \text{AlH}_3 + \text{H}_2$
- $\text{AlCl}_3 + 4\text{LiH} = \text{LiAlH}_4 + 3\text{LiCl}$



AlH₃

- $\text{CaH}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2$

<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fa/Aluminium-hydride-unit-cell-3D-balls.png>

Восстановительные св-ва H₂

- + O₂ → H₂O (искра и т.п.)
- + S → H₂S (200°C)
- + Se \rightleftharpoons H₂Se (400°C)
- + F₂ → HF (н.у.)
- + Cl₂ → HCl (hν)
- + Br₂ \rightleftharpoons HBr (hν)
- + I₂ \rightleftharpoons HI (t)

- + C \rightleftharpoons CH₄ (эл.дуга или катализ, 600-1000°C)
- + Si ≠

- + N₂ \rightleftharpoons NH₃ (400°C, 200 атм, катализ)
- + P ≠

- SiH₄ - ? Mg₂Si + H₂O = Mg(OH)₂ + SiH₄

Энергии ковалентных связей с участием водорода

Связь	E, кДж/моль	Связь	E, кДж/моль
H – H	432	H – O	499
		H – S	385
H – F	566	H – Se	305
H – Cl	432	H – N	439 (?)
H – Br	363	H – P	305
H – I	299	H – C	435 (?)
		H – Si	395 (?)

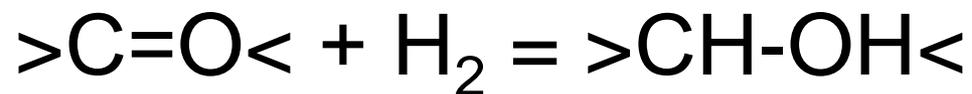
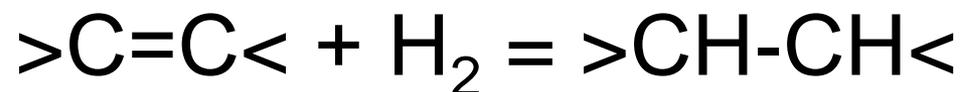
Восстановительные св-ва H_2

- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2 = 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$ (t)
- $2\text{CuCl} + \text{H}_2 = 2\text{Cu} + 2\text{HCl}$ (t)
- $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{AlCl}_3 + \text{H}_2 \neq$

Е, кДж/моль

- | | |
|------------|-----------|
| • Н-О 428 | Al-O 485 |
| • Н-Cl 432 | Al-Cl 503 |
| • Fe-O 411 | Fe-Cl 350 |
| • Cu-O 267 | Cu-Cl 382 |

Гидрирование



t, p, катализ

Ni, Pd, Pt – катализаторы гидрирования



Получение водорода в лаборатории



- $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$
- $2Al + 2NaOH + 6H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 3H_2$
- $Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$ (?)

- $LiH + H_2O = LiOH + H_2$

- $2H_2O = 2H_2 + O_2$ (электролиз растворов)

Получение водорода в промышленности

- Выделение из природного, попутного газа, коксового газа

- Конверсия метана



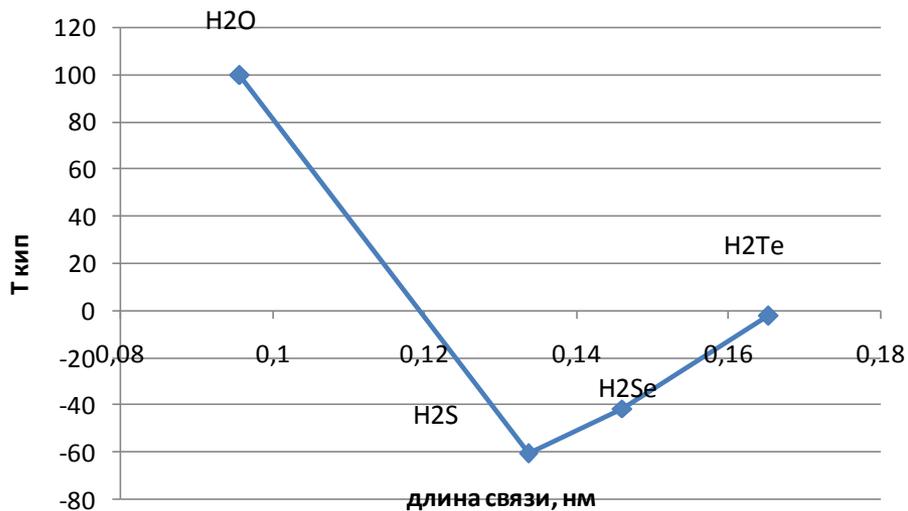
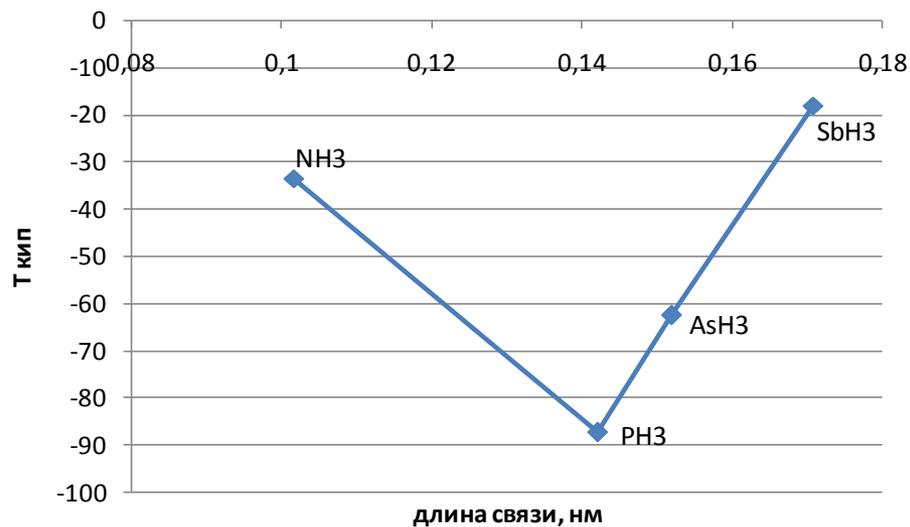
- Конверсия CO



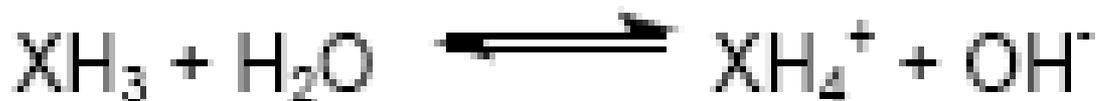
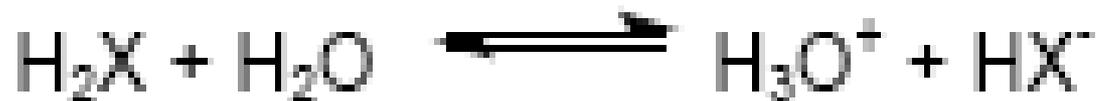
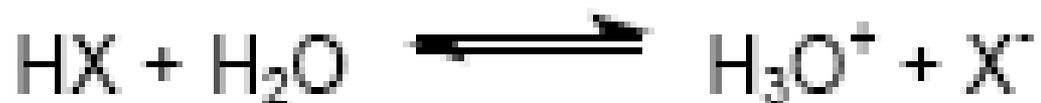
- Побочный продукт электролиза



$T_{\text{кип}}$ ВОДОРОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ



Диссоциация в водном растворе



H – F	566	H – O	499
H – Cl	432		
H – Br	363	H – S	385
H – I	299	H – Se	305

Сила кислот

	pK^a_1		pK^a
H_2O	15,7	HF	3,1
H_2S	7,2	HCl	-7,1
H_2Se	3,8	HBr	-9,1
H_2Te	3,0	HI	-10,7

Сила оснований

	pK^b
NH_3	4,8
PH_3	27,4

Гидраты протона

