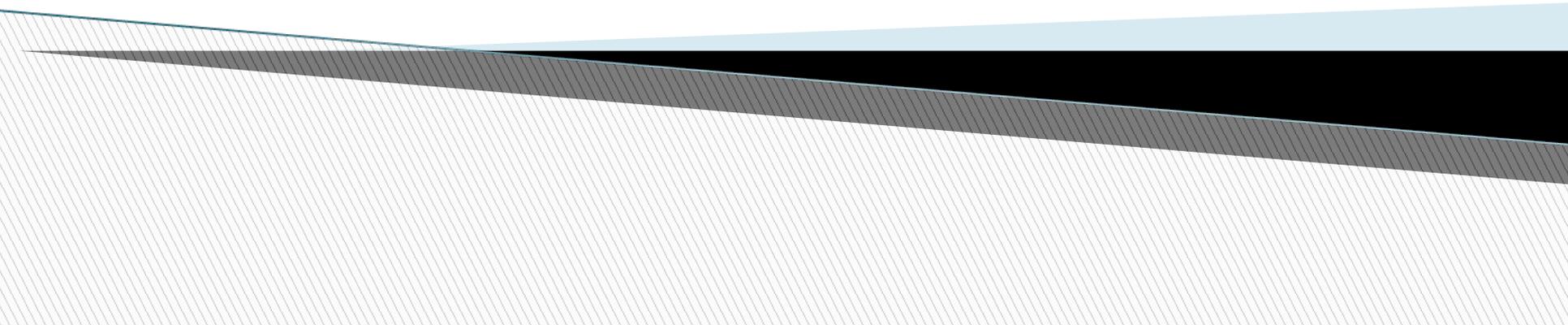


Водород. H_2

План изучения темы:

1. Водород как элемент.
 2. Получение водорода.
 3. Физические свойства.
 4. Химические свойства.
 5. Применение.
- 

Водород как элемент. Положение в Периодической таблице.

Распространенность в природе.

Водород – 1-й элемент Периодической таблицы (заряд ядра 1), химический знак – H, относительная атомная масса (атомный вес) 1,008 (округленно 1). Валентность водорода в соединениях равна единице. Молекула водорода H_2 молярная масса 2 г/моль.

Если кислород является самым распространенным элементом в земной коре, то **водород – самый распространенный элемент во Вселенной**. Водород составляет около 70 % массы Солнца и звезд. Поскольку водород – наиболее легкий из всех элементов, то такая внушительная масса требует огромного количества атомов этого элемента. Из каждых 100 атомов, встречающихся во Вселенной, 90 – атомы водорода.

Вероятно, когда-то водород входил и в атмосферу Земли. Но из-за своей легкости он способен покидать атмосферу, поэтому **доля водорода в воздухе ничтожно мала**. В связанном виде водород составляет 0,76 % массы Земли. Наиболее важным соединением водорода, встречающимся в природе, является вода.

О водороде как элементе вы знаете уже довольно много. Атом водорода – самый простой из всех атомов. Его ядро состоит из единственного протона. Этот (самый распространенный) изотоп водорода называют также *протием*, чтобы отличить от *дейтерия* – другого изотопа водорода, в ядре которого 1 протон и 1 нейтрон.

Дейтерий находится в природе в очень небольшом количестве. Тем не менее, его научились выделять для нужд ядерной энергетики. Дейтерий – один из немногих изотопов в химии, имеющий свой собственный символ D. Наиболее известным химическим соединением, в которое входит дейтерий, является "тяжелая вода" D_2O .

В ядерных реакциях образуется еще один изотоп водорода – **тритий**, в ядре которого 1 протон и 2 нейтрона. Тритий (химический символ T) радиоактивен и в природе не встречается.

Таким образом, известны 3 изотопа водорода: ${}^1_1\text{H}$ (или просто H), ${}^2_1\text{H}$ (или D), ${}^3_1\text{H}$ (или T). Поскольку в ядре любого изотопа водорода всегда только один протон, то электронная оболочка включает только один электрон, занимающий самый нижний электронный уровень 1s. Таким образом, любой изотоп водорода имеет только одну – и притом валентную – оболочку $1s^1$.

Электронный уровень $1s$ вмещает не более 2-х электронов и атому водорода достаточно приобрести или потерять один электрон, чтобы достичь устойчивой электронной конфигурации:

$H - 1e^- = H^+$ **положительный ион водорода** (нет e^-)

$H + 1e^- = H^-$ **отрицательный ион водорода** ($1s^2$)

Первое уравнение говорит о родственной связи водорода с элементами I группы – **щелочными металлами**, которые охотно отдают единственный внешний электрон и образуют положительные ионы Li^+ , Na^+ , K^+ и т.д. Второе уравнение свидетельствует о близости водорода к элементам VII группы - **галогенам**, которым не хватает одного электрона для завершения внешней оболочки и которые легко принимают чужой электрон с образованием ионов F^- , Cl^- , Br^- и т. д.

Типичными неметаллическими свойствами этот элемент больше похож на элементы VII группы (фтор, хлор, бром т.д.). Но водород не является р-элементом и более охотно **ОТДАЕТ** электрон, чем принимает. Поэтому его нахождение в группе s-элементов – активных восстановителей – также имеет смысл. В связи с этим водород часто помещают в I группу Периодической таблицы, а в VII группе повторяют его символ в скобках. Но есть и такие издания Периодической таблицы, где его основным местом является именно VII группа. И то и другое – правильно.

Получение водорода.

В земных условиях водород встречается преимущественно **в связанном состоянии**. Многие его соединения нам уже известны: H_2O , HCl , HF и т.д.

Способы получения.

1) взаимодействие активных металлов с кислотами :



2) электролиз воды и водных растворов щелочей и солей:

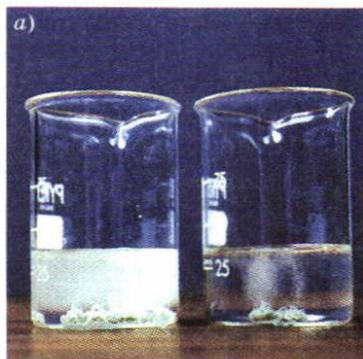


Рис. 45. Взаимодействие цинка с 30%-й и 5%-й соляной кислотой (а); хлорид цинка, выделившийся из раствора после выпаривания (б)

3) пропускание паров воды над раскалённым углём при 1000°C:



4) конверсия метана при 900°C:

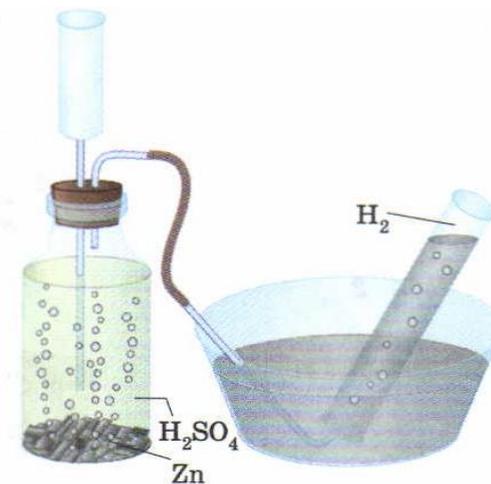


Рис. 46. Прибор для получения водорода

Способы собирания.

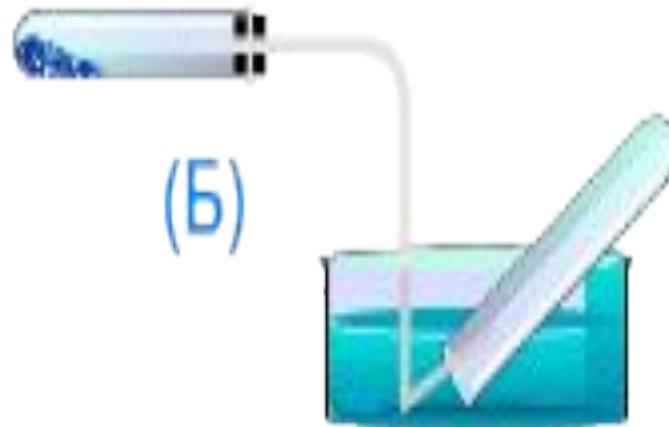
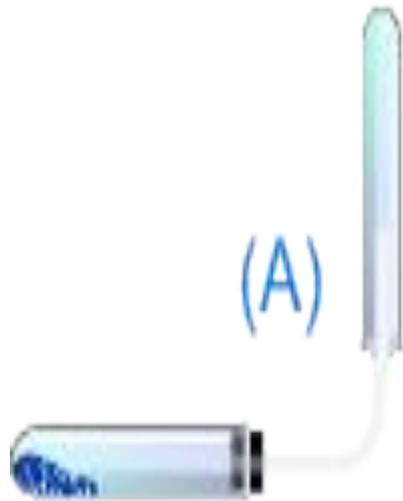




Рис. 49. Проверка водорода на чистоту

Помните: прежде чем поджечь водород, его необходимо проверить на чистоту — убедиться, что мы имеем дело с чистым водородом, а не с гремучим газом. Для этого используют две маленькие пробирки, которые поочерёдно наполняют водородом, а затем вверх дном подносят к пламени спиртовки (рис. 49). Чистый, т. е. не содержащий примесей, водород сгорает с тихим звуком, напоминающим лёгкий хлопóк. Грязный (смешанный с воздухом) водород взрывается с характерным лающим звуком. Такой газ ни в коем случае нельзя поджигать. Это неизбежно приведёт к взрыву.

Англичанин Роберт Бойль, наблюдавший выделение газа при растворении железных опилок в соляной кислоте, дал ему в 1671 году еще более поэтичное название – летучая сера Марса. "Летучей серой" Бойль назвал этот газ потому, что наблюдал его горение, а "серой Марса" – потому, что считал его выходящим из железа, символом которого был Марс – бог войны.

Задачи.

1. Сколько граммов цинка нужно взять для реакции с соляной кислотой, чтобы получить 1,12 л водорода при нормальных условиях?
2. Сколько литров водорода (при н.у.) теоретически можно получить в реакции 448 л метана CH_4 с перегретым паром? Какой объем занимал водород сразу после окончания реакции при давлении 1 атм и температуре 1000°C ?

Физические свойства.

Водород - газ, бесцветный, без запаха;

$t^{\circ}_{\text{кип}} = -253^{\circ}\text{C}$; $t^{\circ}_{\text{пл}} = -259^{\circ}\text{C}$; почти не растворяется в воде
(в 100V H_2O растворяется 2V H_2);

легче воздуха.

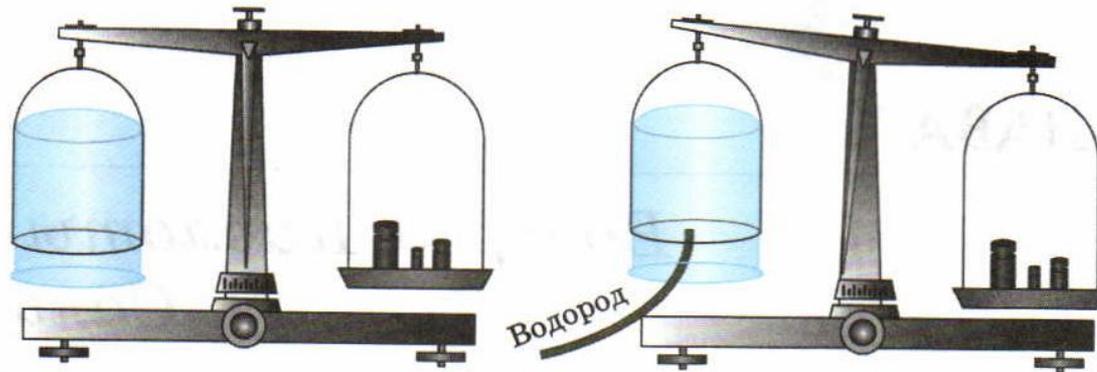


Рис. 43. После вытеснения воздуха водородом стакан становится легче

Нетрудно подсчитать плотность водорода: 1 моль в обычных условиях занимает 22,4 л, а молярная масса водорода равна 2 г. Следовательно, плотность в пересчете на 1 л составит $2 \text{ г} / 22,4 \text{ л} = 0,09 \text{ г/л}$. Плотность воздуха заметно выше – 1,305 г/л, поэтому наполненные водородом предметы испытывают выталкивающую силу атмосферы.

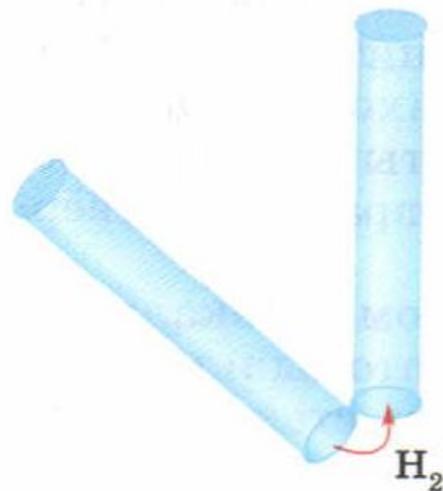


Рис. 44. «Переливание» водорода

Водород становится жидким при очень низких температурах ($-253\text{ }^{\circ}\text{C}$), а твердый водород получить еще труднее (температура плавления твердого водорода $-259\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Химические свойства

При обычных условиях малоактивен
(реагирует только с фтором)

С простыми веществами:

1) с неметаллами:

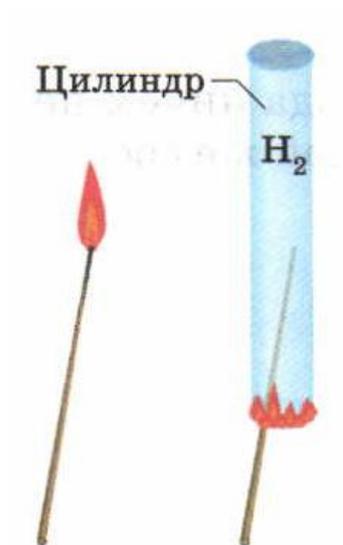
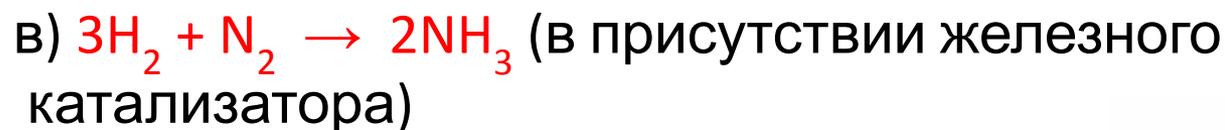


Рис. 51. Водород не поддерживает горение

**2) с щелочными и
щелочноземельными
металлами:**

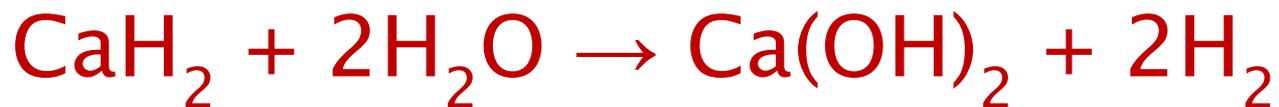


Гидрид лития



гидрид кальция

Гидриды MeH_n разлагаются водой и кислотами:



Со сложными веществами:

с оксидами металлов:



Водород является **восстановителем**.

(метод получения малоактивных металлов Рb, Мо, W, Ni, Cu и др. из их оксидов)

Задачи.

3. Требуется получить 159 г меди из оксида меди CuO . Сколько граммов воды необходимо разложить электролизом, чтобы получить водород для проведения этого превращения?
4. Вольфрам – редкий и дорогой металл, используемый при изготовлении нитей для лампочек накаливания. Высокие требования к чистоте вольфрама заставляют получать его восстановлением оксида WO_3 таким относительно дорогим восстановителем, как водород. Если получать водород реакцией железа с серной кислотой $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{H}_2 + \text{FeSO}_4$, то сколько потребуется железа и серной кислоты для получения 100 кг вольфрама?

Применение

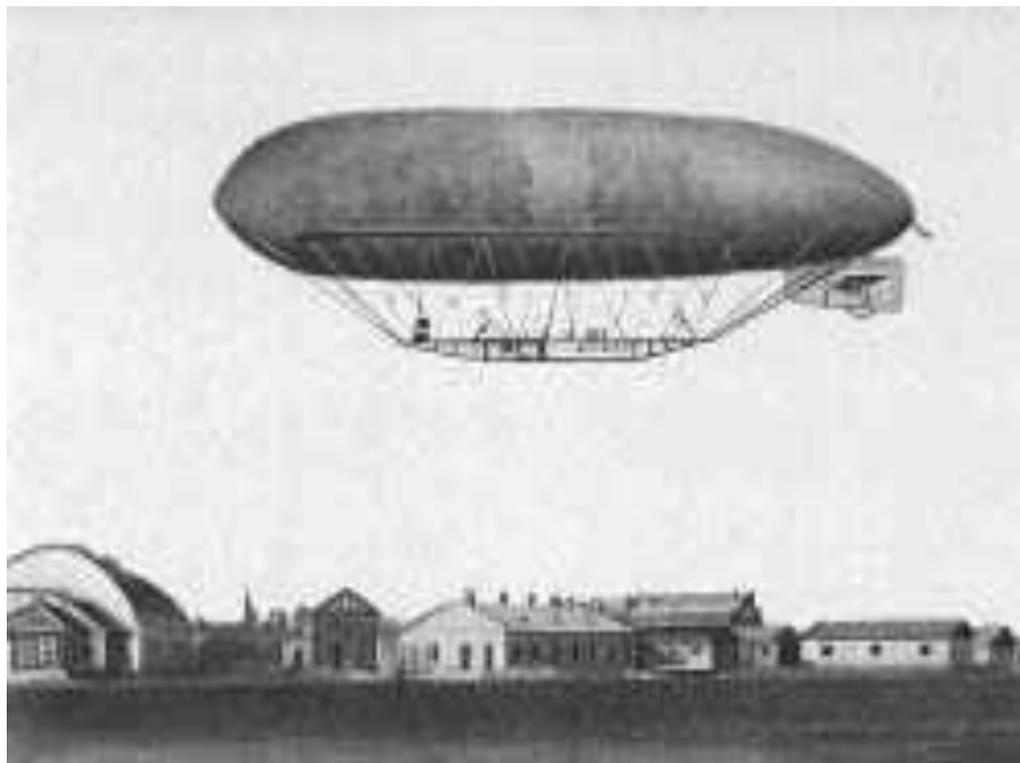
- 1) Для промышленного синтеза NH_3 , HCl , CH_3OH
(реакцией $\text{CO} + 2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH}$)



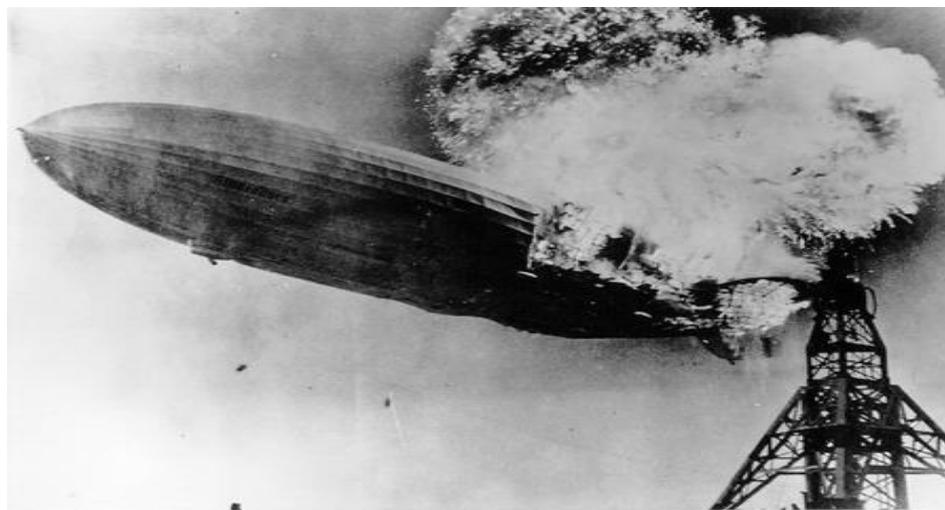
2) Восстановление редких металлов из оксидов (W, Mo и др.).



3) Наполнение метеозондов (ранее наполняли дирижабли)



Однако большое количество энергии, выделяющееся в реакции водорода с кислородом, таит в себе огромную опасность. 6 мая 1937 года крупнейший в мире пассажирский дирижабль "Гинденбург", прилетевший из Германии в Нью-Джерси (США), взорвался и рухнул на землю от искры, проскочившей между причальной мачтой и корпусом дирижабля. На фотографии ниже запечатлен этот трагический момент. Во многом именно из-за этой катастрофы строительство пассажирских дирижаблей вскоре прекратилось.



4) Для сварки и резки металлов водородно-кислородным пламенем.



3) Гидрирование органических соединений (в частности, гидрогенизация растительных масел в твёрдые жиры).



4) как экологически чистое топливо

Приведем количество энергии, образующейся при сжигании 1 кг различных топлив, включая водород:

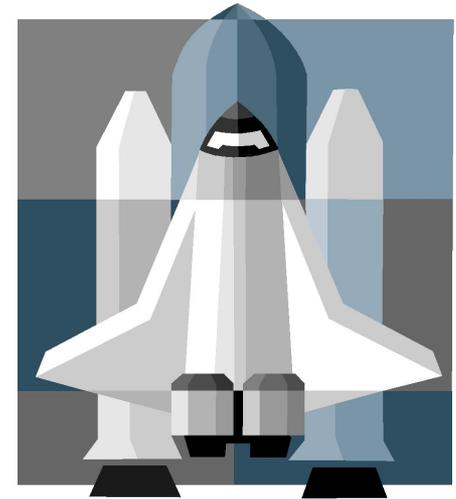
Водород 110 000 – 130 000 кДж

Бензин 45 000 – 43 000 кДж

Уголь 33 000 кДж

Дрова 10 000 кДж

Таким образом, водород является теплотворным химическим топливом.



Кроме того, при сжигании водорода образуется только вода, в то время как другие топлива загрязняют атмосферу оксидами углерода, азота и несгоревшими остатками топлива.

Водород используется в качестве горючего в современной ракетной технике. Российская ракета-носитель "Энергия" способна выводить на орбиту более 100 тонн различных грузов благодаря водородно-кислородным двигателям. В ее баках находятся жидкий кислород и жидкий водород.