

ВОДОРОД НА ТРАНСПОРТЕ



Информационный Обзор

Часть 2

Санкт-Петербург, Москва

Февраль 2017

Свойства водорода

Водород обладает высокой энергоемкостью, скоростью распространения фронта пламени, широким диапазоном температуры воспламенения, значительной чистотой отработавших газов;¹

Таблица 1: Свойства водорода

Показатель	Значение
химическая формула	H ₂
горючий	да
взрывоопасный	да
токсичный	нет
цвет	нет
запах	нет
вкус	нет
молекулярная масса	2,02
атомная масса	1,00784 г/моль
растворимость в воде	18,8 мл/л
удельный вес относительно воздуха (1,0)	0,0696
плотность	0,0838 кг/м ³ (0,0899 г/л при 0°C) ²
удельная теплота сгорания	120,9·10 ⁶ Дж/кг ³
температура плавления	- 259 °C
температура кипения	- 252,9 °C ⁴
температура самовоспламенения	500 - 585 °C ⁵
температура пламени на воздухе	2045 °C ⁶
интервал температур существования в жидкой фазе	-252,76 до -259,2 °C

¹ <http://www.fsec.ucf.edu/En/consumer/hydrogen/basics/utilization-ice.htm>

² <http://elhow.ru/ucheba/himija/svoystva-vecshestv/svoystva-vodoroda>

³ <http://fb.ru/article/193697/fizicheskie-svoystva-vodoroda-svoystva-i-primeneniye-vodoroda>

⁴ Hydrogen Analysis Resource Center (HARC), USA

⁵ HARC

⁶ HARC

Показатель	Значение
интервал температур существования в твердой фазе (снегоподобная масса, кристаллы)	ниже $-259,2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
плотность твердой фазы	$0,0807\text{ г/см}^3$ (при $-262\text{ }^{\circ}\text{C}$) ⁷
плотность жидкой фазы	$0,0708\text{ г/см}^3$ (при $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$) ⁸
вязкость	13,8 спуаз (при $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$) ⁹
коэффициент расширения при смене агрегатного состояния на газообразное	848:1 (при 20°C) ¹⁰
пожароопасная концентрация в воздухе	4 – 75 %
распространенность во вселенной (по массе) ¹¹	на первом месте – до 75 %

По энергетическим свойствам один килограмм водорода при различных характеристиках использующего оборудования может быть эквивалентен $2,75^{12}$ - $4,5$ килограмм бензина¹³. Другими словами, 222 килограмм водорода могут заменить 1 тонну бензина.

⁷ <http://tgko.ru/spravka/gaz/vodorod/>

⁸ Там же

⁹ Там же

¹⁰ Там же

¹¹ <http://himege.ru/vodorod-fizicheskie-i-ximicheskie-svoystva-poluchenie/>

¹² http://www.altsyn.com/1_articles/11/udelnaya-teplota-sgoraniya-veshchestv

¹³ РОГОВАЯ М. Переход на водород: начали с Сибири. Популярны Нанотехнологии. NEWSIB.RU 02.09.2009

Сколько водорода в воде?

Вода является одним из значительных ресурсов водорода. Один литр водорода весит 0,09 гр., а один литр кислорода - 1,47 гр. Это означает, что из одного литра воды можно получить $111,11/0,09=1234,44$ литра водорода и $888,89/1,47=604,69$ литра кислорода. Из этого следует, что один грамм воды содержит 1,23 литра водорода.¹⁴ Другими словами, в 1000 граммах воды содержится 111,11 грамм водорода и 888,89 грамм кислорода.

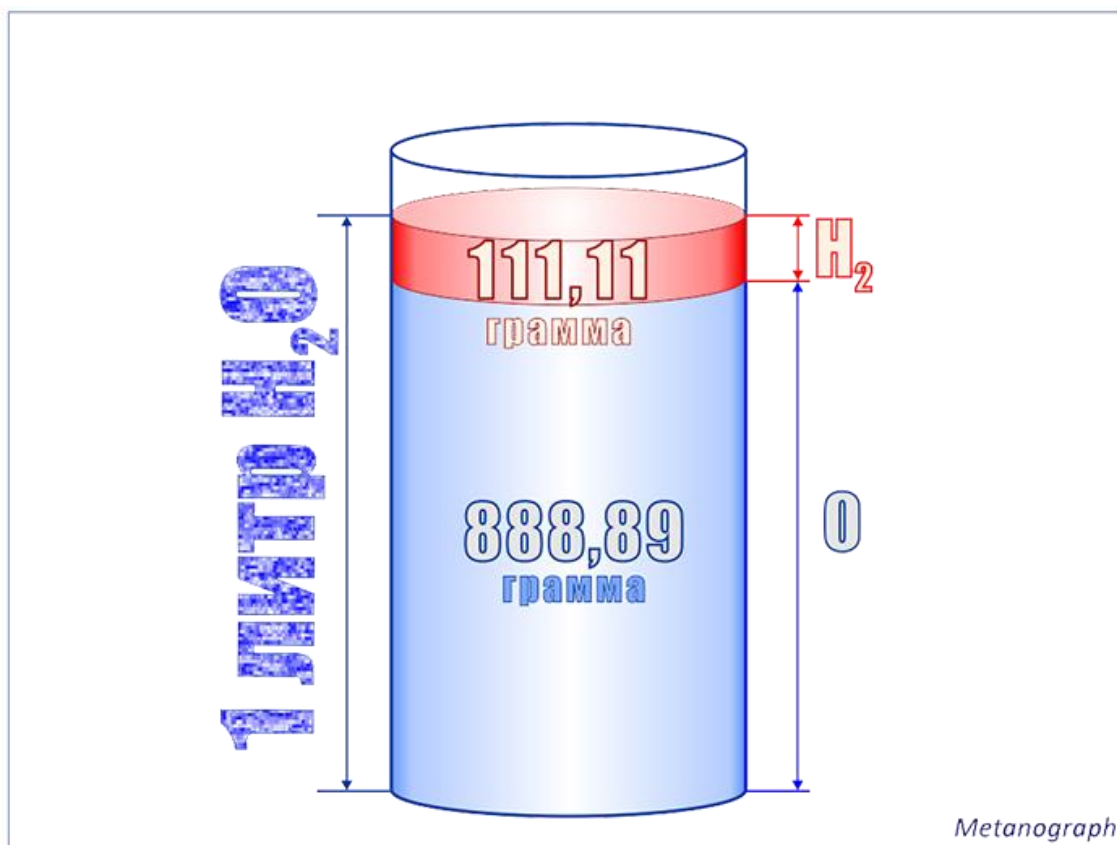


Рисунок 1: Содержание водорода в воде

Для замещения 1 л бензина теоретически требуется ≈ 320 грамм водорода. Можно ли сделать из этого вывод, что для замещения 1 л бензина нужно всего 3,1 л воды?

¹⁴ <https://vk.com/>

Получение, хранение и использование водорода¹⁵

Водород можно получать из ископаемых и возобновляемых источников - природного газа, угля, СУГ, биомассы, воды, метанола - на стационарных установках или непосредственно на борту транспортного средства. Например, в России успешно проверена технология получения водорода из КПГ. Основные способы получения водорода описаны ниже.

- **Паровая конверсия природного газа:** водяной пар при высокой температуре (700 – 1000 градусов Цельсия) смешивается с метаном под давлением, в присутствии катализирующего вещества.
- **Газификация угля:** один из старейших способов получения водорода. Без доступа воздуха уголь вместе с водяным паром нагревают при температуре 800 – 1300 градусов Цельсия. При этом углерод вытесняет из воды кислород, и получают углекислый газ и водород.
- **Электролиз воды:** очень простой способ получения водорода. В емкость наливается раствор соды, в который помещается 2 электрических элемента, один соответствует минусу – катод, другой плюсу – анод. В данный раствор подается электричество, которое разлагает воду на составляющие – водород выделяется на катоде, а кислород на аноде.
- **Пиролиз:** разложение воды на водород и кислород без доступа воздуха и при высокой температуре.
- **Частичное окисление:** сплав металлов алюминия и галлия формируют в специальные брикеты, которые помещают в емкость с водой, в результате химической реакции образуется водород и окись алюминия. Галлий используется в сплаве для предотвращения окисления алюминия.
- **Биотехнологии:** еще в 20 веке было обнаружено, что если водорослям хламидомонадам не будет хватать кислорода и серы в процессе жизнедеятельности, то они бурно начнут выделять водород.
- **Глубинный газ планеты:** в недрах земли водород может находиться в чистом газообразном виде, но его выработка оттуда не целесообразна.

Существую **два основных способа хранения водорода** на автомобиле:

- в сжатом состоянии под давлением 700 атм;
- в сжиженном состоянии при температуре –252,76 до –259,2 °С.

¹⁵ <http://elhow.ru/>

Водород может применяться на транспорте в следующих вариантах:

- в водородных двигателях внутреннего сгорания в качестве основного компонента горючей смеси;
- в гибридных силовых установках, использующих топливные элементы для получения электрической энергии;
- в газовых и газодизельных двигателях в смеси с природным газом.

Отрабатывается использование водорода в силовых агрегатах автобусов, поездов, туристических теплоходов, кораблях, самолетах, подводных лодках, космических ракетах, мотоциклах, гольф-мобилях и даже велосипедах (с солнечными батареями).

Ведутся исследования в направлении подмешивания водорода в сжиженный углеводородный газ.