

**Водорода атом и молекула.** Водород (химический символ — H, лат. Hydrogenium) — первый элемент периодической системы. Электронная оболочка атома водорода — самого лёгкого из атомов — состоит из одного электрона (см. *Атомы*). Существуют три природных изотопа водорода: протий  $^1\text{H}$ , дейтерий  $^2\text{H}$  (или D) и тритий  $^3\text{H}$  (или T) (природная распространённость на Земле, в т. ч. в атмосфере, 99,9885%, 0,0115% и менее 0,0001% соответственно). Ядром протия является протон, ядро дейтерия (дейтрон) состоит из протона и нейтрона, ядро трития (три-тон) — из протона и двух нейтронов. Ядра протия и дейтерия стабильны, а ядро трития — радиоактивно (период полураспада 12,32 года). Масса атома протия равна 1,00782 а. е. м.  $\approx 1,67 \cdot 10^{-27}$  кг. Масса атома дейтерия приближённо в 2, а трития — в 3 раза больше, чем у протия. Электронная оболочка атома водорода (как и любого атома) не имеет резкой границы. Наиболее вероятное расстояние электрона от ядра для невозбуждённого состояния атома водорода равно 0,0529 нм, и, следовательно, размеры атома водорода близки к 0,1 нм. При переходе в возбуждённые состояния его размеры быстро возрастают. В разреженной космической среде регистрируются высоковозбуждённые атомы водорода диаметром порядка десятых долей миллиметра.

Если из атома водорода  $^1\text{H}$  удалить электрон, то останется протон. Таким образом, протон является простейшим атомным ионом  $\text{H}^+$  (называемым гидроном) (см. *Ионы*). Энергия, необходимая для отрыва электрона от атома водорода (его энергия ионизации) равна 13,598 эВ. При присоединении добавочного электрона к атому водорода образуется анион водорода  $\text{H}^-$  (гидрид-ион). Энергия связи такого электрона равна 0,754 эВ.

Молекула водорода  $\text{H}_2$  состоит из двух атомов водорода (см. *Молекулы*), связанных ковалентной связью (см. *Химические связи*). Межъядерное расстояние равно 0,0741 нм, энергия диссоциации — 4,477 эВ. Существуют также изотопные молекулы HD, D<sub>2</sub> и др. Устойчив и молекулярный катион водорода  $\text{H}_2^+$  — простейший молекулярный ион, химическая связь в котором осуществляется его единственным электроном. Энергия диссоциации  $\text{H}_2^+$  равна 2,65 эВ, межъядерное расстояние — 0,107 нм. Молекулярный анион водорода  $\text{H}_2^-$  неустойчив.

В обычных условиях водород — молекулярный газ без цвета и запаха (плотность при давлении 1 атм и температуре 0 °С равна 0,090 кг/м<sup>3</sup>). При температуре –252,8 °С он превращается в жидкость плотностью 67 кг/м<sup>3</sup>, при температуре –259,2 °С — отвердевает, образуя молекулярный кристалл (плотностью 76 кг/м<sup>3</sup>). Твёрдый кристаллический водород может образоваться и при комнатной температуре, но при очень высоком ( $5,7 \cdot 10^9$  Па) давлении. Предполагается, что при ещё больших давлениях (порядка  $10^{10}$  Па), водород приобретает одноатомную кристаллическую структуру, обладающую металлическими свойствами.

Водород входит в состав многих важнейших химических соединений: бинарных (гидриды  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , NaH и др.), более сложных ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  и др.), высокомолекулярных (РНК, ДНК и др.)

Водород — самый распространённый химический элемент во Вселенной. Он составляет около 74% по массе (около 90% по числу атомов) вещества звёзд и газовых облаков нашей Галактики.

На разных этапах эволюции Вселенной водород существовал в различных формах. Согласно современным представлениям астрофизики, электроны, протоны и нейтроны образовались в течение первых 100 с после «Большого взрыва», положившего начало эволюции Вселенной. Через 380 тыс. лет после этого температура Вселенной уменьшилась настолько, что протоны и электроны стали объединяться в атомы водорода. Еще через 150 млн. лет, в эпоху формирования звёзд и галактик, значительная часть этих атомов распалась, вернувшись в ионизованное состояние.

В настоящее время водород во Вселенной также существует в различных формах. Нейтральный атомарный водород H формирует гигантские газо-пылевые межзвёздные облака.

Ионизированный атомарный водород  $H^+$  входит в состав звёзд, находящихся на ранних этапах своей эволюции (например, Солнца), и в большинстве случаев является источником их энергии (выделяющейся при термоядерных реакциях — синтезе ядер гелия в результате слияния ядер водорода). Гидрид-ион  $H^-$  содержится в атмосферах звёзд и играет важную роль в формировании их излучения. Планеты-гиганты (например, Юпитер) примерно на 70% по массе состоят из водорода: молекулярного  $H_2$  (атмосфера и внешние слои) и атомарного  $H$  (внутренние слои). Предполагается, что в недрах массивных газовых планет-гигантов, таких как Сатурн и Юпитер, имеется и «металлический» водород. В земной коре содержание водорода составляет 1% (по массе), в атмосфере Земли — не более  $10^{-4}\%$  (по объёму). При этом чаще всего водород встречается в связанном состоянии (входит в состав воды, углеводов, всех растительных и живых организмов и др.).

Газообразный водород широко используется в химической промышленности. Жидкий водород применяется в качестве топлива в ракетной технике.

*М.Б. Шундалов, А.А. Сокольский*

Энциклопедия для школьников и студентов в 12 томах.

Том 5. Химия. Биология. Минск, Беларуская энцыклапедыя ім. П. Броўкі, 2016.