

Метал ли е водородът?

Стефан Манев

Това, което може би не е известно на всички, е, че водородът се втечнява при 14,01 K (-259,14 °C) и се втвърдява при 20,28 K (-252,87 °C). Твърдият водород кристализира в хексагонална сингония и представлява прозрачни светлосини кристали, които не провеждат електрически ток.

Водородът гори, при което се отделя значително количество топлина (285 kJ/mol), а продуктът на горенето е без-

Въпросът звучи странно, тъй като е известно, че водородът е газ без цвят и миризма, а молекулата му е изградена от два атома водород. Това е най-лекият газ с плътност 0,0899 kg/m³.

вредната вода. Освен това е възможно получаването директно на електрическа енергия при окислението на водорода с помощта на т.нар. горивни елементи. Поради тази причина се смята, че

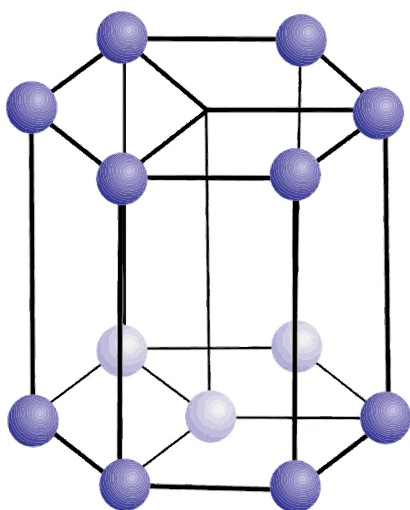
водородът е горивото на бъдещето и дори много известни учени приемат, че цялата бъдеща икономика ще бъде превърната във „водородна“.

Много често се споменава използването на водорода, като най-лекия газ, за пълнене на дирижабли. За съжаление, освен свойството да гори той образува с въздуха силно избухлива смес, наречена гърмяща, при концентрации на водорода от 4 до 74 %. Поради тази причина дирижаблите са изместени безвъзвратно от самолетите, а в историята е останало нещастие с най-големия дирижабъл „Хинденбург“, който изгаря на летището в Ню Йорк.

Водородът, по-скоро неговите изотопи, се споменават често при ядрения синтез, който за съжаление се използва при създаването на водородната бомба, едно от най-мощните оръжия за масово унищожение.

В промишлеността водородът намира широко приложение при синтеза на амониак, хидрирането на мазнини и мн.др.

Този кратък преглед показва, че използването на водорода има две страни – положителна и отрицателна. От хората зависи дали използването му ще допринесе за



Елементарна клетка на твърдия водород. Във възлите на фигурата са разположени водородните молекули



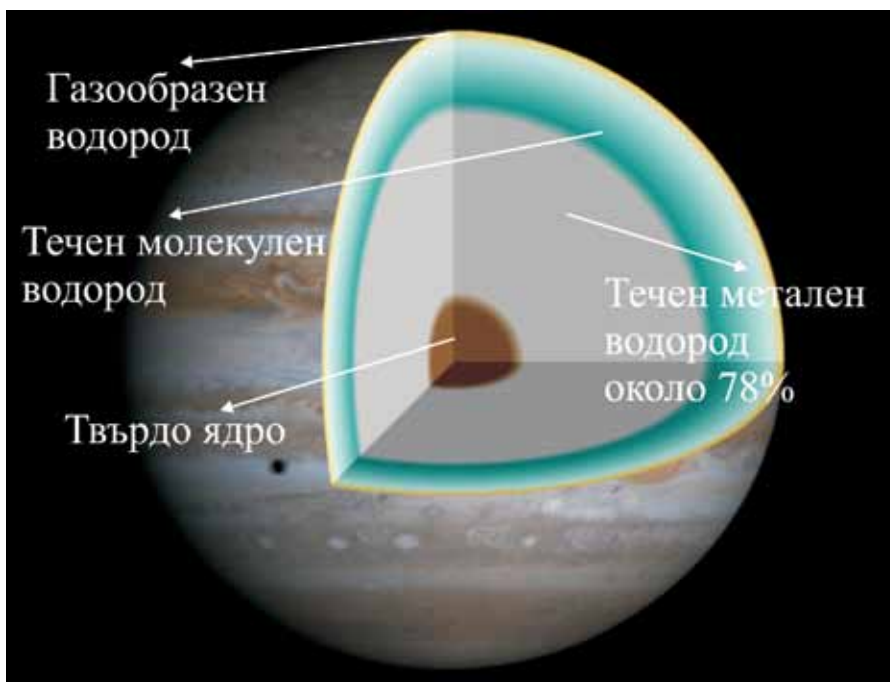
Триумфът на дирижаблите. Дирижабълът „Граф Цепелин“ минава над София по време на обиколка над Балканите на 16 октомври 1929 г.

развитието на човечеството или за неговото унищожаване.

Разпространението на водорода на Земята е около 1 масов процент. Това изглежда странно, тъй като $\frac{3}{4}$ от земната повърхност са заети с вода, която съдържа водород, а живите организми са изградени от органични съединения, като водородът е тяхната главна съставна част. Причина за ниския масов процент на водорода е, че масата на водородния атом е много малка – 1,008 а.у (атом-



Залезът на дирижаблите. Катастрофата на „Хинденбург“ през 1937 г. е била последната в серията от аварии с водородни дирижабли и краят на използването им



Строеж на Юпитер. Температурата и налягането определят течно състояние на металния водород. Прави впечатление, че по-голямата част от планетата (около 78 %) е изградена от този течен метален водород. Освен водород твърдото ядро съдържа следи от метан, вода, амоняк и вещества, близки по състав на веществата в слънчевата мъглявина

ни единици). Например масата на един атом олово е равна на около 207 атома водород. Затова атомните проценти водород на земната повърхност са значително повече – около 16. Докато на Земята количеството на водорода е сравнително оскъдно, то разпространението му във Вселената е значително. Масовите проценти на водорода са над 70, а атомните – над 90. Това означава, че по-голямата част от видимия свят е основно водород.

На Земята условията са сравнително еднородни. На земната повърхност температурата на въздуха се променя от най-ниската измерена температура $-91,2^{\circ}\text{C}$ (измерена през 2013 г.) до $+58^{\circ}\text{C}$ (измерена през 1922 г.). Налягането се променя от около 0,1 Pa в горните слоеве на атмосферата до около 100 MPa на дъното на океана. Разбира се, в недрата на Земята тем-

пературите и наляганията са значително по-високи. При условията, съществуващи на Земята, водородът се среща в молекулен, атомно или свързано състояние.

Учените отдавна очакват, че при големи налягания твърдият водород ще се превърне в метал, но досега електропроводност е установена само в течен водород, което е указание за метално състояние. Структурата и електричните свойства на твърдия водород се изследват интензивно още от 1930 г., когато за пръв път бе изказано предположението за съществуване на метално състояние на водорода. Последните години група френски учени, ръководена от Льо Тулек (Le Toullec), успя да увеличи налягането на водорода до 320 GPa (над три милиона пъти по-високо от атмосферното) и при температура 100 K с помощта на специално конструирана диамантена капсула, пълна с водород. Из-

мервана е абсорбцията на светлината в различните части на спектъра при увеличаване на налягането. При 290 GPa французите откриват, че образецът от водород става бял, след това жълт, оранжев и червен, а около 320 GPa непрозрачен. Чрез екстраполация екипът стига до извода, че при 450 GPa образецът ще се превърне в твърд метал. Лъо Тулек и колегите му вярват, че тяхната техника ще позволи изследванията да се проведат до налягания около 400 GPa, при които би могло да се регистрира метален водород в твърдо състояние.

Течен метален водород е открит не само в лабораториите, но и в Космоса. Той може да се намери сравнително близо до Земята – на големите газови планети от Слънчевата система – Юпитер и Сатурн. Газовите планети нямат твърда повърхност, а газовият състав се състоява с дълбочината им. Юпитер е съставен от 90 атомни процента водород и 10 атомни процента хелий, а по маса – 75 % водород и 25 % хелий. Открити са следи от метан, вода, амониак и скала, близка до състава на слънчевата мъглявина. Във външната част на двете планети водородът е под формата на двуатомни молекули, форма, под която се среща и на Земята. В горните слоеве този водород е под формата на газ, а в по-долните се втечнява. Във вътрешната част на тези планети водородът се превръща в металната си форма. Условиата, съществуващи в недрата на двете планети, позволяват да се заключи, че този метален водород е течен. Наличието на метален водород е причина за силното магнитно поле на Юпитер и Сатурн. Нови експерименти показват, че водородът не мени състояние си скокообразно при точно определени условия. Поради тази причина във вътрешността на газовите планети най-вероятно няма резки граници между външните и вътрешните слоеве.

Водородът в твърда метална форма може да се окаже прекрасен свръхпроводник или да намери приложение във водо-



Доц. д-р Стефан Манев е завършил Химическия факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“. Бил е зам.- декан на Химическия факултет на СУ и Природоматематическия факултет на ЮЗУ „Неофит Рилски“. В последните години интересите му са насочени към въпросите на обучението по химия и опазване на околната среда в средното училище.

родната енергетика на бъдещето. Затова през последните години се провеждат изследвания за повишаване на стабилността на металния водород при по-високи температури и по-ниски налягания с помощта на различни добавки. Успех е постигнат от група учени начело с Роалд Хофман (Roald Hoffmann) от Корнелския университет (Cornell University), САЩ. С помощта на изчисления те показват, че съчетаването на един атом литий с два или шест атома водород позволява да се достигне метално устойчиво твърдо състояние при налягане, значително по-ниско, отколкото за чистия водород.

В заключение може да се отбележи, че може би мястото на водорода в Периодичната таблица – IA група, групата на най-активните метали, има известно основание, тъй като при определени условия той може да съществува и в метално състояние. Разбира се, основната причина за мястото му в периодичната таблица е електронната конфигурация, която при водорода и алкалните метали е една и съща – един електрон на последния електронен слой. ■