

УДК 530.145 + 620.3

## АТОМЫ ВОДОРОДА НА ОСНОВЕ ГИПОТЕЗЫ ЛУИ ДЕ БРОЙЛЯ

Неволин В.К.

Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, e-mail: vkn@miee.ru

Методами традиционной квантовой механики показана возможность существования субатомных состояний водорода с энергией связи  $\sim 10^5$  эВ. Для этого использована формула де Бройля, связывающая эйнштейновское выражение для энергии покоя квантовой частицы с постоянной Планка. Обсуждаются условия экспериментального наблюдения субатомов водорода. Рассматривается система пористый титан + водород. При нагревании таких образцов до температур, при которых водород частично ионизируется, возможны переходы электронов со дна валентной зоны на субатомные уровни водорода с излучением рентгеновских квантов.

**Ключевые слова:** пористый титан, атомарный водород, субатомные состояния водорода

## THE HYDROGEN ATOMS ON THE BASIS OF THE HYPOTHESIS OF LOUIS DE BROGLIE

Nevolin V.K.

National Research University «MIET», Moscow e-mail: vkn@miee.ru

Traditional methods of quantum mechanics demonstrated the possibility of the existence of sub-atomic hydrogen states with a binding energy  $\sim 10^5$  eV. To do this, we used the formula of de Broglie, relating the Einstein expression for the energy of the rest of quantum particles with Planck's constant. The conditions of experimental observation of hydrogen subatomov. A system of porous titanium + hydrogen. When heated these samples to temperatures at which the hydrogen is partially ionized, electron transitions from the bottom of the valence band at the subatomic levels of hydrogen with X-ray photons.

**Keywords:** porous titanium, atomic hydrogen, hydrogen subatomic state

Выдающийся французский физик Луи де Бройль написал, по меньшей мере, две великих формулы: выражение для волновой функции свободной квантовой частицы, носящей его имя, где обобщил выражения для импульса и энергии квантовой частицы на случай когда масса покоя не равна нулю и соотношение

$$E = \hbar\omega = m_0 \cdot c^2. \quad (1)$$

Смысл этой формулы заключается в том, что элементарная частица с массой покоя  $m_0$  имеет собственную квантовую энергию движения с частотой  $\omega$ . Эта формула предложена де Бройлем в 1923 году в своей докторской диссертации в виде гипотезы. В последующем он показал, что эта формула является инвариантной и удовлетворяет известным релятивистским преобразованиям, поскольку частота и масса частицы преобразуются по одинаковым законам и справедлива, в том числе, и при отсутствии поступательного движения квантовых частиц [1].

Используя уравнение Шрёдингера и формулу (1) можно получить описание двух квантовых состояний для атома водорода. Одно традиционное описание атома водорода, излагаемое в учебниках по квантовой механике, другое – новое, субатомное состояние.

### Основные уравнения и их решения

Запишем уравнение Шрёдингера для атома водорода с учетом формулы (1) в соответствии с рис. 1.

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta_0 \Psi(\vec{r}_0, \vec{r}_1, \vec{r}_2) - \frac{\hbar^2}{2m} \Delta_1 \Psi - \frac{\hbar^2}{2M} \Delta_2 \Psi - \frac{e^2 \Psi}{|\vec{r}_0 + \vec{r}_1 - \vec{r}_2|} = (E_2 + E_1 - \varepsilon) \Psi. \quad (2)$$

Здесь первое слагаемое описывает движение вероятностного центра электрона относительно вероятностного центра протона, который принят за начало координат. Второе слагаемое описывает собственное движение электрона относительно своего вероятностного центра за счет энергии  $E_1 = mc^2$ . Третье слагаемое описывает собственное движение протона относительно собственного вероятностного центра с энергией  $E_2 = Mc^2$ . Последнее слагаемое в левой части уравнения описывает кулоновское взаимодействие электрона с протоном. В уравнении (2) приняты обозначения:  $\varepsilon$  – энергия связи атома водорода,  $m$ ,  $M$  – соответственно массы покоя электрона и протона.

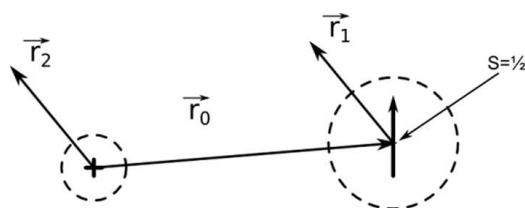


Рис. 1. Координаты атома водорода

Из уравнения (2) и рис. 1 можно видеть, что бы потенциальная энергия взаимодействия заряженных частиц в каждой точке была однозначна, нужно положить во всем пространстве:

$$\vec{r}_1 \equiv \vec{r}_2. \quad (3)$$

Тогда в уравнении (2) можно провести разделение переменных и записать его в виде:

$$\begin{aligned} & -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta_0 \Psi_0(\vec{r}_0) \cdot \Psi_1(\vec{r}_1) \cdot \Psi_2(\vec{r}_2) - \\ & -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta_1 \Psi_0 \Psi_1 \Psi_2 - \frac{\hbar^2}{2M} \Delta_2 \Psi_0 \Psi_1 \Psi_2 - \\ & -\frac{e^2 \Psi_0 \Psi_1 \Psi_2}{|\vec{r}_0|} = (E_2 + E_1 - \varepsilon) \Psi_0 \Psi_1 \Psi_2. \end{aligned}$$

Из этого уравнения получаем три уравнения. Первое уравнение является стандартным для описания атома водорода в нерелятивистском приближении и его решение приводится во всех учебниках по квантовой механике:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta_0 \Psi_0(\vec{r}_0) - \frac{e^2 \Psi_0}{|\vec{r}_0|} = (-\varepsilon) \Psi_0. \quad (4)$$

Второе и третье уравнения описывают собственное движение электрона и протона за счет энергий  $E_1 = mc^2$ ,  $E_2 = Mc^2$

$$\begin{aligned} & -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta_1 \Psi_1 = E_1 \Psi_1, \\ & -\frac{\hbar^2}{2M} \Delta_2 \Psi_2 = E_2 \Psi_2. \end{aligned} \quad (5)$$

Решением этих уравнения являются стоячие неоднородные волны, затухающие на бесконечности и описывающие пространственную локализацию с учетом спина частиц [2]. Для электрона в нашем случае принято  $s = 1/2$ :

$$\Psi_1(r_1, \theta_1, \phi_1) = \frac{C_1 J_1(r_1 \zeta_1)}{\sqrt{r_1}} \cos \frac{\phi}{2} \sin^{1/2} \theta. \quad (6)$$

Здесь  $J_1$  – функция Бесселя первого порядка. Заметим, что согласно (3) и (5) спины заряженных частиц в атоме водорода должны быть коллинеарные и иметь одинаковое направление. Таким образом, суммарный спин атома водорода равен единице.

Рассмотрим другой частный случай, когда вероятностные центры локализации совпадают,  $\vec{r}_0 = 0$ . Это возможно, поскольку волновые функции собственного движения квантовых частиц в вероятностных центрах

локализации равны нулю. Тогда из (2) получаем уравнение:

$$\begin{aligned} & -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta_1 \Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) - \frac{\hbar^2}{2M} \Delta_2 \Psi - \frac{e^2 \Psi}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|} = \\ & = (E_2 + E_1 - \varepsilon) \Psi. \end{aligned} \quad (7)$$

Уравнение (7) можно представить в виде двух уравнений, если сделать замену переменных  $\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2) = \Psi(\vec{r}, \vec{r}_2) = \Psi_1(\vec{r}) \Psi_2(\vec{r}_2)$ , где  $\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$  и провести разделение переменных, получим:

$$\begin{aligned} & -\frac{\hbar^2}{2M} \Delta_2 \Psi_2(\vec{r}_2) = E_2 \Psi_2(\vec{r}_2) \quad (8) \\ & -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi_1(\vec{r}) - \frac{e^2 \Psi_1(\vec{r})}{|\vec{r}|} = (E_1 - \varepsilon) \Psi_1(\vec{r}). \quad (9) \end{aligned}$$

Уравнение (8) аналогично одному из уравнений (5) и описывает собственное движение протона за счет энергии  $E_2$ . Уравнение (9) описывает субатомные состояния водорода согласно [3]. Рассмотрим эти состояния более подробно и внесем некоторые изменения в отличие от результатов работы [3].

Решение уравнения (9) имеет вид:

$$\Psi_a(r, \theta, \phi) = C_a r^{1/2} \exp(-r\alpha) \cos \frac{\phi}{2} \sin^{1/2} \theta. \quad (10)$$

Энергия связи равна:

$$\varepsilon_a = m_0 c^2 + \frac{2e^2}{9a} \approx 5 \cdot 10^5 \text{ эВ}. \quad (11)$$

Здесь боровский радиус  $a = \hbar^2 / m_0 e^2$ . Это состояние имеет наибольшую энергию связи и устойчиво к малым взаимным смещениям вероятностных центров протона и электрона [4].

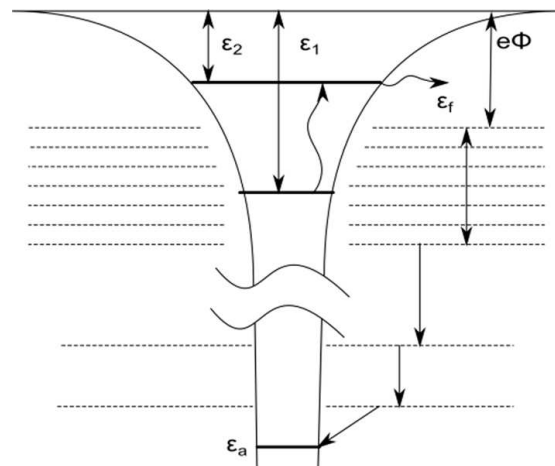


Рис. 2. Энергетические диаграммы атома водорода и титана

**Обсуждение экспериментов**

Рассмотрим конкретную систему пористый титан насыщенный водородом (это может быть и дейтерий). Будем нагревать эту систему до некоторой температуры, такой, что бы возникли возбужденные атомы водорода, а в спектре теплового излучения атомов водорода будет заметна ультрафиолетовая составляющая с длиной волны  $\lambda = 1,215 \cdot 10^{-5}$  см. Это первая линия серии Лаймана. В этом случае электроны атомов водорода будут туннелировать в зону проводимости титана, см. рис. 2. Работа выхода электрона из титана равна  $e\phi = 3,95$  эВ, что больше разницы между вакуумным уровнем водорода и первым возбужденным уровнем. Она равна  $\varepsilon_2 = 3,4$  эВ. Таким образом, атомы водорода могут частично находиться в ионизованном состоянии. Со дна валентной зоны титана электроны с нулевой энергией поступательного движения могут через множество уровней переходить на субатомный уровень ионизованного водорода, при этом будет выделяться суммарная энергия равная  $\sim \varepsilon_a$  в соответствии с (12). Многоуровневые переходы обеспечат «мягкое» излучение рентгеновских квантов. Преимущественный переход электронов на субатомный уровень связан с тем, что энергия Ферми электронов составляет  $\varepsilon_f = 13,55$  эВ и находится ниже основного уровня атома водорода, отсчитанного от вакуумного уровня  $\varepsilon_1 = 13,55$  эВ.

Субатомы водорода могут приближаться к ядрам других элементов как нейтральные частицы на достаточно близкие расстояния, поскольку протон экранирован электронной оболочкой с большой собственной энергией.

Запишем уравнение движения субатома водорода в поле ядра с  $Z$  – номером в таблице Менделеева

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi_1(\vec{r}_1, \vec{r}_0) + \frac{e^2 Z \Psi_1}{r_0} - \frac{e^2 Z \Psi_1}{|\vec{r}_1 + \vec{r}_0|} = (E_1 - \varepsilon) \Psi_1(\vec{r}_1, \vec{r}_0). \quad (12)$$

Здесь  $r_0$  – расстояние от центра ядра до вероятностного центра субатома. Будем считать  $\vec{r}_0$  – параметром задачи и переформируем уравнение (12) в виде:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi_1(\vec{r}_1, \vec{r}_0) - \frac{e^2 Z \Psi_1}{|\vec{r}_1 + \vec{r}_0|} = (E_1 - \frac{e^2 Z}{r_0} - \varepsilon(r_0)) \Psi_1(\vec{r}_1, \vec{r}_0). \quad (13)$$

Это уравнение дает решение для связанных состояний, когда сумма слагаемых в скобках в правой части отрицательна. Несвязанные состояния возникают, когда субатом в сильном электрическом поле ядра распадается на электрон и протон, при положительном значении суммы слагаемых в скобках. Энергия связи будет равна нулю при:

$$\varepsilon(r_0^{\min}) = E_1 - \frac{e^2 Z}{r_0^{\min}} = 0 \quad (14)$$

$$r_0^{\min} = \frac{Ze^2}{m_0 c^2} = Z \cdot 2,8 \cdot 10^{-13} \text{ см.}$$

Для ядер титана с  $Z = 22$  радиус сближения равен  $r_0^{\min} \approx 6,2 \cdot 10^{-12}$  см. Доставка протона в электронной оболочке на такие расстояния к ядрам эквивалентна энергии налетающего протона  $\sim 500$  кэВ и должна заметно повысить вероятность ядерных реакций.

Таким образом, о существовании субатомов водорода в рассматриваемой системе пористый титан + водород можно судить по косвенным признакам: появлению новых элементов и рентгеновскому излучению, которые могут проявиться при нагревании и экспозиции системы во времени. Результаты подобных первых экспериментов описаны в обзоре [5]. С последними экспериментальными работами в этом направлении можно ознакомиться в обзоре [6].

**Список литературы**

1. Луи де Бройль. Избранные научные труды. Т. 1. – М.: Логос, 2010. – С. 61. См. также Т. 4. М.: Принт-ателье. 2014. – С. 112.
2. Nevolin V.K. Spin and spatial localization of free quantum particles. International Journal of Unconventional Science. – 2015. – Т. 3, N 7. – С. 6–9.
3. Nevolin V.K. Binding Energy of Subatomic States of Hydrogen. IJAER – 2016. – V. 11, N 7. – P. 4676–4678.
4. Неволин В.К. Устойчивость субатомных состояний водорода. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015 – № 12 (ч. 4) – С. 611–614.
5. Царев В.А. Низкотемпературный ядерный синтез. УФН. – 1990. – Т. 160, № 11. – С. 1–53.
6. Пархомов А.Г. Никель-водородные реакторы, созданные после публикации отчета об эксперименте в Лугано. International Journal of Unconventional Science. – 2016. – № 11. – С. 58–62.