

## СУБАТОМЫ ВОДОРОДА

Неволин В.К.

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

Методами традиционной квантовой механики показана возможность существования субатомных состояний водорода при условии справедливости формулы де Бройля, связывающей эйнштейновское выражение для энергии покоя квантовой частицы с постоянной Планка. С помощью теории возмущений вычислена энергия связи таких атомов, которая составляет  $\sim 3,0 \cdot 10^3$  эВ, что может быть использовано при объяснении экспериментов по низкоэнергетическим ядерным реакциям. В обзорной работе [3] описаны эксперименты по исследованию электрических взрывов фольг из особо чистых материалов в воде, в которых обнаружено появление новых химических элементов. Напряжение на батарее конденсаторов, за счет разряда, который производились электрические взрывы, составляло  $\approx 4,8$  кВ.

**Ключевые слова:** субатомные состояния атома водорода, энергия связи, метод возмущений

## SUB-ATOM OF HYDROGEN

Nevolin V.K.

*National Research University of Electronic Technology, Moscow, e-mail: vkn@miee.ru*

Traditional methods of quantum mechanics, have shown an opportunity of the existence sub-atomic states of hydrogen, under the condition that formula of de Broglie linking Einstein expression for the rest energy of the quantum particle of Planck's constant. By means of perturbation theory, we calculate the binding energy of the atoms, which is  $\sim 3,0 \cdot 10^3$  eV, which can be used to explain experiments on low energy nuclear reactions. In a review [[3] 2] describes experiments on the electrical explosion of foils made of extremely pure materials in the water. In the water was observed the appearance of new chemical elements. The voltage on the capacitor bank, which is produced using electric explosion, was 4,8 kV.

**Keywords:** sub-atomic state of hydrogen, the binding energy, the perturbation method

Предсказание субатомного состояния водорода весьма актуально для объяснения экспериментальных данных, полученных в области низкоэнергетических ядерных реакций [1–4]. Нам наиболее близок подход, развиваемый Ю.Л. Ратисом в работе [3], в которой показана возможность перехода начального состояния системы «электрон плюс протон» в относительно долгоживущий «нейтроний».

Покажем, что субатомные состояния атома водорода возможны, если справедлива формула де Бройля.

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

Смысл этой формулы заключается в том, что элементарная частица с массой покоя  $m_0$  представляет собой «сгусток» энергии, который должен двигаться по законам квантовой механики. В работе [5] показано, что использование выражения (1) для полной энергии частицы позволяет получить спектр квантования спина для квантовых частиц и их пространственную локализацию.

Субатомные состояния атома водорода возможны тогда, когда расстояния между протоном и электроном настолько малы, что перекрываются области их пространственной локализации, вызванные наличием собственной квантовой энергии движения.

### Постановка задачи

Уравнение для отыскания энергии связи системы, состоящей из электрона (индекс 1) и протона (индекс 2) запишется в виде:

$$\left( -\frac{\hbar^2 \Delta_1}{2m_1} - \frac{\hbar^2 \Delta_2}{2m_2} \right) \Psi - \frac{e^2 \Psi}{|\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2|} = (E_1 + E_2 - \varepsilon_0) \Psi(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2). \quad (2)$$

Здесь  $E_1 = m_1 c^2$ ,  $E_2 = m_2 c^2$  – собственные энергии электрона и протона,  $\varepsilon_0$  – энергия связи субатома. Система координат расположена в центре распределения вероятности системы из двух частиц. Если расстояния между электроном и протоном столь велики, что вклад областей их собственной локализации в энергию связи атома водорода исчезающе мал, то  $\varepsilon_0 \rightarrow 0$ :

$$\left( -\frac{\hbar^2 \Delta_1}{2m_1} - \frac{\hbar^2 \Delta_2}{2m_2} \right) \Psi_1 \Psi_2 = (E_1 + E_2) \Psi_1(\mathbf{r}_1) \Psi_2(\mathbf{r}_2). \quad (3)$$

Далее решая это уравнение и считая  $\Psi_1$  и  $\Psi_2$  невозмущенными волновыми функциями задачи, можно вычислить в первом порядке теории возмущений вклад кулоновской энергии в энергию связи субатомного состояния.

Пойдем другим путем. В уравнении (2) попробуем «выключить» вклад движения

протона в полную энергию системы и свести задачу к одноэлектронному виду. Учтем, что масса протона существенно превосходит массу электрона  $m_2 \gg m_1$  и комптоновская длина электрона  $r_{10}$  много больше комптоновской длины протона  $r_{20}$ ,  $r_{10} \gg r_{20}$ , где  $r_{10} = \hbar/m_1c$  и  $r_{20} = \hbar/m_2c$ . Это неравенство позволяет поместить начало координат в центре локализации протона, поскольку собственная пространственная область локализации протона значительно меньше области собственной локализации электрона. Тогда из (2) имеем:

$$-\frac{\hbar^2 \Delta_1}{2m_1} \Psi - \frac{e^2 \Psi}{r_1} = \delta E \Psi(\mathbf{r}_1) \quad (4)$$

где  $\delta E = E_1 - \varepsilon_0$ . Внешне уравнение (4) напоминает задачу о традиционном атоме водорода, однако с одним принципиальным отличием  $\delta E > 0$ , поскольку энергия связи (здесь  $\varepsilon_0$  считается положительной) не может превосходить собственную энергию исходных частиц. Это приближение для двухчастичной квантовой системы в нашем случае несколько ущербно и главное не учитывает наличия спина у протона и не может предсказать орто- и парасостояний субатомного водорода. Поскольку  $\delta E > 0$ , то решение уравнения (4) не может дать обычного квантования энергии связи  $\varepsilon_0$ . Однако можно оценить диапазон энергий, в котором находится  $\varepsilon_0$ . Для решения уравнения (4) будем использовать подходы в задаче о «падающей» квантовой частице на силовой центр, описанной в [6].

#### Вычисление энергии связи для основного состояния

Для решения уравнения (4) используем сферическую систему координат и как обычно метод разделения переменных [6]. Представим  $\Psi(r, \theta, \phi) = R(r) Y(\theta) \Phi(\phi)$ , получим уравнения:

$$\frac{r^2}{R} \frac{d^2 R}{dr^2} + \frac{2r}{R} \frac{dR}{dr} + \frac{2me^2 r}{\hbar^2} + r^2 \delta E = \lambda^2 \quad (5)$$

$$\frac{1}{\Phi} \frac{d^2 \Phi}{d\phi^2} = -\beta^2 \quad (6)$$

$$\frac{1}{Y} \frac{d^2 Y}{d\theta^2} + \frac{\text{ctg} \theta}{Y} \frac{dY}{d\theta} - \frac{\beta^2}{\sin^2 \theta} + \lambda^2 = 0 \quad (7)$$

Сначала решаем уравнение (6). Его решение запишем в виде отличном от [6]:

$$\Phi = C(e^{i\beta\phi} + e^{-i\beta\phi}) = 2C \cos \beta\phi \quad (8)$$

Здесь учитывается тот факт, что оба вращательных направления равновероят-

ны, в результате имеем колебательные состояния по углу  $\phi$ , а условие однозначности будет выполняться для составляющей плотности вероятности

$$\rho_\phi = \Phi \Phi^* = 2|C|^2 |\cos^2 \beta\phi| \quad (9)$$

В результате имеем более общий ряд квантования:  $\beta = 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, \dots$ . Далее примем  $\beta = \frac{1}{2} = s$  – это спин электрона фундаментальная величина, которая не должна изменяться во внешних полях, в том числе в поле протона.

Найдем частное решение уравнения (7) для основного состояния в виде  $Y = \sin\theta$ . Для констант разделения получим выражение  $\lambda^2 = \beta(\beta + 1)$ .

Для решения уравнения (5) введем безразмерную переменную  $r = x \frac{\hbar}{m_1 c} = x \cdot r_{10}$

Получим:

$$\frac{d^2 R}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{dR}{dx} + R \left( \frac{2\gamma}{x} + 2 - \frac{\lambda^2}{x^2} \right) = \varepsilon \cdot R \quad (10)$$

где  $a = \hbar^2 / m_1 e^2$  – боровский радиус атом водорода,  $a \gg r_{10}$ ,  $r_{10} / a = e^2 / \hbar c = \gamma = 1/137$  – постоянная тонкой структуры,  $\varepsilon = \frac{2\varepsilon_0}{m_1 c}$ ,  $\lambda^2 = s(s + 1) 3/4$ .

Решаем это уравнение методом возмущений, и учитываем, что кулоновская энергия взаимодействия мала по сравнению с собственной энергией электрона. Имеем для основного состояния электрона:

$$\frac{d^2 R_0}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{dR_0}{dx} + R_0 \left( 2 - \frac{\lambda^2}{x^2} \right) = 0 \quad (11)$$

Проводя замену  $\tilde{x} = x\sqrt{2}$ , и  $R(\tilde{x}) = \frac{\mu(\tilde{x})}{\sqrt{\tilde{x}}}$

получаем уравнение Бесселя, которое при  $s = 1/2$  имеет решение в виде функции Бесселя первого порядка

$$R_0(x) = \frac{C \cdot J_1(x\sqrt{2})}{\sqrt{x}}, \quad (12)$$

Это решение удовлетворяет граничным условиям.  $C$  – константа.  $R_0(x)$  описывает неоднородную стоячую волну плотности вероятности. Можно видеть, что решение (12) отражает волновую природу движения квантовых частиц, заложенную в соотношении де Бройля (1).

Волновые решения обычно не нормируются. В связи с этим для интегральных вычислений необходимо использовать «обрезание» интегралов. Тогда в первом порядке теории возмущений имеем для энергии связи субатомного состояния:

$$\varepsilon_0 = m_1 c^2 \gamma \sqrt{2} \int_{x_0}^{x_1} J_1^2(y) \cdot dy \Big/ \int_{x_0}^{x_1} J_1^2(y) \cdot y \cdot dy. \quad (13)$$

Плотность вероятности  $\rho_r = R_0^2(x)$  имеет наибольший максимум в первой полуволне. Эту область и выберем как наиболее вероятную область локализации электрона. Тогда для верхнего предела  $J_1(x_1) = 0$ . Для нижнего предела в интегралах учтен тот факт, что в силу закона сохранения энергии собственная локализация электрона в начале координат запрещена. Решение уравнения (11) имеет смысл при выполнении соотношений:

$$2 \geq \frac{\lambda^2}{x^2} \quad \text{или} \quad E = m_0 c^2 \geq \frac{\hbar^2 s(s+1)}{2m_0 r^2} \quad (14)$$

Полная энергия  $E$  является интегралом движения и есть сумма энергий радиального и вращательного движений. Тогда координата области от начала координат, в которой запрещено движение электрона, определяется как  $x_0 = \sqrt{3/8}$ . Проводя численную оценку интегралов в (13), получаем  $\varepsilon_0 \approx 3,0 \cdot 10^3$  эВ.

В обзорной работе [3] описаны результаты экспериментов по исследованию электрических взрывов фольг из особо чистых материалов в воде. В этой работе было обнаружено появление новых химических элементов и зарегистрировано «странное» излучение, которое не удалось идентифицировать (т.е., отнести к какому-либо из известных видов проникающей радиации). Напряжение на батарее конденсаторов, за счет разряда, который производились электрические взрывы, составляло  $\approx 4,8$  кВ. Электроны с такой энергией вполне могут стимулировать образование субатомного водорода в воде согласно оценкам по формуле (13). Заметим, что энергия связи субатомного состояния  $\varepsilon_0$  в 3 раза превышает верхний порог для энергии связи «нейтрония» [3], возможность образования которого предполагается в описанных выше экспериментах.

Развиваемый подход не может дать ответ на вопрос, как получит такое состояние водорода? Можно предположить, что электроны при столкновении с протонами должны иметь энергию вблизи  $\varepsilon_0$ . В этом

диапазоне энергий при образовании субатомов возможно возникновение тормозного излучения с максимально возможной энергией квантов до  $\sim \varepsilon_0$ . Это излучение может проявляться в результате взаимного торможения при прохождении протона через электронное облако. Субатомный водород занимает значительно меньшую область локализации по сравнению с классическим атомом водорода и должен быть устойчив к внешним возмущениям, поскольку его электронная оболочка создана за счет собственной энергии движения электрона равной  $m_1 c^2 = 5,6 \cdot 10^5$  эВ. Время жизни такого субатома будет определяться внешней средой, поскольку существенно увеличена вероятность ядерных реакций.

Когда была закончена эта работа, стала доступна электронная версия статьи [7], в который автор проводит аналитический расчет системы «электрон + протон» со скачкообразным потенциалом, состоящем из кулоновской энергии и положительной модельной постоянной потенциальной энергии. Наличие постоянной составляющей энергии в принципе соответствует нашей задаче. Однако в нашем случае положительная энергия строго определена и равна собственной энергии электрона  $m_1 c^2$ , кроме того учитываются спиновые состояния электрона.

#### Список литературы

1. Arata C., Zhang Y.-C. Formation of condensed metallic deuterium lattice and nuclear fusion. Proceedings of the Japan Academy. Ser. B: Physical and Biological Sciences. 78, No. 3 57 (2002).
2. Ratis Yu.I. The Old and New Concepts of Physics, 6(4):525, (2009).
3. Ratis YU.I. International Journal of Unconventional Science 1. № 2, 27 (2013). <http://www.unconv-science.org/n2>.
4. Amsler C. Particle data group. Phys. Lett. B. (1):667, (2008)
5. Nevolin V.K. Spin and spatial localization of free quantum particles. International Journal of Unconventional Science. 3, № 7, 6 (2015). (<http://www.unconv-science.org/n7>.)
6. Landau L.D. and Lifshits E.M. Quantum mechanics. Nerelevativistky theory. – M.: Gizfml.1963. Page 130.
7. Ignatovich V. A missed solution for an atom – a gate toward cold nuclear fusion .<https://www.academia.edu/14205552/>.