

УДК 530.145+620.3

ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ СУБАТОМНЫХ СОСТОЯНИЙ ВОДОРОДА**Неволин В.К.***Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, e-mail: vkn@miee.ru*

Методами традиционной квантовой механики показана возможность существования субатомных состояний водорода. Использована формула де Бройля, связывающая эйнштейновское выражение для энергии покоя квантовой частицы с постоянной Планка. Вычислена энергия связи, которая составляет $\sim 10^5$ эВ, что на два порядка больше ранее предсказываемой. Обсуждаются условия экспериментального наблюдения субатомов водорода.

Ключевые слова: субатомные состояния водорода, энергия связи, аналитическое решение**THE BINDING ENERGY OF SUB-ATOMIC STATE OF HYDROGEN****Nevolin V.K.***National Research University of Electronic Technology «MIET», Moscow, e-mail: vkn@miee.ru*

Traditional methods of quantum mechanics demonstrated the possibility of the existence of sub-atomic states of hydrogen. It uses the formula of de Broglie, relating the Einstein expression for the energy of the rest of quantum particles with Planck's constant. We calculate the binding energy, which is $\sim 10^5$ eV, which is two orders of magnitude than previously predicted. The conditions of experimental observation of hydrogen subatomov.

Keywords: hydrogen subatomic state, binding energy, analytical solution

Известен феномен холодных ядерных трансмутаций, в результате которых выделяется больше тепловой энергии, чем затрачивается на их реализацию [1, 2]. Для ядерных реакций с водородом (или дейтерием) необходимо доставить протоны к ядрам элементов, преодолев кулоновский барьер отталкивания. Это можно сделать, если располагать атомами водорода в необычных субатомных состояниях, таких, которые образуют компактные в пространстве нейтральные состояния с энергией связи значительно превосходящей энергию связи атома водорода. В этом случае вероятность ядерных реакций существенно возрастает, поскольку субатомы водорода могут приближаться к ядрам элементов, в том числе сближаться между собой, значительно ближе, чем собственно протоны при тех же энергиях.

Нам идеологически наиболее близок подход, развиваемый Ю.Л. Ратисом в работе [1], в которой показана возможность перехода начального состояния системы «электрон плюс протон» в метастабильный «нейтроний» с максимально возможной энергией связи $\sim 10^3$ эВ. Размеры нейтрония относительно велики и сопоставимы с размерами атома водорода.

Возможность существования субатомных состояний атома водорода покажем с помощью использования формулы 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 имеет собственную квантовую энергию движения с частотой ω , несвязанную с поступательным движением квантовой частицы. Эта формула предложена де Бройлем в 1923 году в своей докторской диссертации. Она ценна следствиями, которые из неё вытекают [3].

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, ε_0 – энергия связи субатома. Система координат расположена в центре распределения вероятности системы из двух частиц.

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:

$$-\frac{\hbar^2 \Delta_1}{2m_1} \Psi - \frac{e^2 \Psi}{r_1} = (E_1 - \varepsilon_0) \Psi(\mathbf{r}_1) \quad (4)$$

Внешне уравнение (4) напоминает задачу о традиционном атоме водорода. Это одночастичное 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. В работе [4] сделана попытка решить это уравнение методом теории возмущений для случая $E_1 \gg \varepsilon_0$. Такой подход вдохновлялся оценками энергии связи «нейтрония» (порядка 10^3 эВ) и экспериментальными данными, приведенными в работе [1]. При $E_1 \gg \varepsilon_0$ решение уравнения (4) не может дать обычного квантования энергии связи ε_0 . Использование в первом порядке теории возмущения является достаточно грубым приближением. Волновые функции нулевого приближения представляют собой неоднородные стоячие волны, интегралы от которых расходятся [4]. В связи с этим проводилось обрезание интегралов для получения наибольшей величины энергии связи.

Заметим, что в работе [5] автор проводит аналитический расчет системы «электрон + протон» со скачкообразным потенциалом, состоящим 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_1c^2 , кроме того учитываются спиновые состояния электрона.

Вычисление энергии связи для основного состояния

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

$$\frac{r^2}{R} \frac{d^2 R}{dr^2} + \frac{2r}{R} \frac{dR}{dr} + \frac{2me^2 r}{\hbar^2} + r^2(E_1 - \varepsilon_0) = \lambda^2 \quad (5)$$

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

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

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 равновероятны, в результате имеем колебательные состояния по углу ϕ , 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 $\beta = \frac{1}{2} = s$ – величина, равная спину электрона, которая не должна изменяться во внешних полях, в том числе в поле протона.

Найдем частное решение уравнения (7) для основного состояния в виде $Y = \sin \theta^\beta$. 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:

$$\frac{d^2 R}{dx^2} + \frac{2}{x} \frac{dR}{dx} + R \left(\frac{2\gamma}{x} - \alpha^2 - \frac{\lambda^2}{x^2} \right) = 0 \quad (10)$$

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, $\varepsilon = \frac{2\varepsilon_0}{m_1 c^2}$,

$\lambda^2 = s(s+1) = 3/4$, $\alpha^2 = \varepsilon - 2$. Для свободной частицы $\varepsilon = 0$ и задача сводится к отысканию собственного волнового поля электрона. Такое поле вычислено аналитически в [4] и оно представляет собой радиальную стоячую неоднородную волну. Будем решать уравнение (10) в случае, когда $\varepsilon > 2$, полагая, что энергия связи должна превышать собственную энергию квантового движения электрона, чтобы удержать его в кулоновском поле протона. Это модель электронного облака, обусловленного собственной энергией движения электрона, в центре которого находится протон.

Решение будем искать в виде:

$$R(x) = x^{1/2} (Ae^{-\alpha x} + Be^{\alpha x}) \quad (11)$$

где $\alpha = \sqrt{\varepsilon - 2}$. В скобках опустим второе слагаемое, которое возрастает с увеличени-

ем координаты, и подставим искомое решение в уравнение (10). Получим:

$$2\gamma = 3\alpha \text{ или } \varepsilon = 2 + \gamma^2 4/9$$

Тогда энергия связи равна практически собственной энергии квантового движения электрона

$$\varepsilon_0 = m_1 c^2 + \frac{2e^2}{9a} \quad (12)$$

где a – боровский радиус. Среднее расстояние электрона от протона определим как:

$$r_{10} \approx \frac{e^2}{m_1 c^2} = 2.8 \cdot 10^{-13} \text{ см,}$$

что более чем на пять порядков меньше, чем для традиционного атома водорода.

Таким образом, подтверждается исходная модель субатома водорода в виде облака электрона, обусловленная его собственной энергией движения, внутри которого находится протон. Энергия связи составляет $\varepsilon_0 \approx 5 \cdot 10^5$ эВ, что на два порядка больше, предсказываемой ранее в [4]. При образовании таких атомов путем столкновения электрона с протоном, электрон нужно затормозить в области локализации протона с характерными размерами менее $2,8 \cdot 10^{-13}$ см. Далее электрон может перейти в субатомное состояние с последующим излучением жесткого квант с энергией ε_0 .

Необходимо также наличие магнитного поля для ориентации спинов заряженных частиц для образования орто- и парасостояний субатомов водорода. Полезно использовать магнитное поле и для торможения электронов относительно протонов до энергий равных энергии связи субатомов водорода. В целом различные способы производства субатомов водорода заслуживают патентования.

Экспериментальное доказательство существования субатомов водорода послужит подтверждением справедливости соотношения де Бройля (1).

Список литературы

1. Ратис Ю.Л. О возможности существования долгоживущего экзотома «нейтрония». Журнал формирующихся направлений науки. – 2013. – № 1(2). – С. 27–44; <http://www.unconv-science.org/n2>.
2. Пархомов А.Г. Обзор ранних экспериментальных исследований никель-водородных ядерных реакций при низких температурах Журнал формирующихся направлений науки. – 2015. – № 10(3). – С. 92–94; <http://www.unconv-science.org/n10/parkhomov>.
3. Луи де Бройль. Избранные научные труды. Т. 1. – М.; Логос, 2010. – С. 61. См. также Т. 4. М.: Принт – ателье, 2014. – С. 112.
4. Неволин В.К. Субатомы водорода. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 10 (ч. 5). – С. 789–791; <http://search.rae.ru/>
5. Ignatovich V. A singular solution for a hydrogen atom as a way toward cold nuclear. <https://www.academia.edu/14205552/>.
6. Ландау Л.Д. и Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. – М.: Физматлит, 1963. – С.130.