УДК 530.145+620.3

# УСТОЙЧИВОСТЬ СУБАТОМНЫХ СОСТОЯНИЙ ВОДОРОДА Неволин В.К.

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

С помощью метода теории возмущений показано, что энергия связи субатома водорода является максимальной по абсолютной величине, устойчивой к возможным осцилляциям протона в области субатома и убывает по кулоновскому закону при разлете частиц. Из переформатируемого исходного уравнения Шредингера для субатомных состояний к «кулоновскому» виду, сделана оценка энергии связи основного состояния субатома. В общих чертах обсуждается проблема образования субатомов.

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

# STABILITY OF SUB-ATOMIC STATE OF HYDROGEN Nevolin V.K.

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

The method of perturbation theory shows that the energy of the sub-atomic hydrogen is the maximum absolute value, is resistant to possible oscillations of the proton in the sub-atomic and decreases using the Coulomb law in the expansion particles. From the source of the Schrödinger equation for a given sub-atomic state to the «Coulomb» mean, assessment of the binding energy of the ground state of the sub-atomic particle. In general, discusses the problem of the formation of sub-atoms.

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

В работах [1–3] показано, что атом водорода может находится в субатомных состояниях с энергией связи  $\varepsilon_0 \sim 10^3$  эВ. Субатомные состояния атома водорода возможны, если справедлива формула де Бройля.

$$E = \hbar \omega = m_0 \cdot c^2$$

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. 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. В этих работах не была исследована устойчивость таких состояний при смещении протона относительно центра вероятности собственной локализации электрона. Рас-

смотрим подробнее этот принципиальный вопрос, от которого зависит величина энергии связи.

### Постановка задачи

Уравнение Шредингера для субатома водорода записывается в виде:

$$-\frac{\hbar^2 \Delta_1}{2m_1} \Psi - \frac{e^2 \Psi}{r_1} = \delta E \Psi(\mathbf{r}_1) \tag{1}$$

где  $\delta E = E_1 \ \epsilon_0 > 0$  и  $E_1 = m_1 c^2 -$  эйнштейновское выражение для энергии покоя электрона. Уравнение (1) было решено методом теории возмущений в сферической системе координат и была найдена волновая функция невозмущенного состояния электрона:

$$\Psi_0(r_1, \theta, \phi) = CJ_1(r_1) \cdot r_1^{-1/2} \sin^{1/2} \theta \cdot \cos \phi / 2$$
 (2)

Здесь  $J_1(r_1)$  — функция Бесселя первого порядка. Далее необходимо вычислять энергию связи в виде:

$$\varepsilon_0 = e^2 \iiint_{r_0 \le r_1 \le r_{10}} \frac{\Psi_0^2}{r_1} r_1^2 dr_1 \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi / \iiint_{r_0 \le r_1 \le r_{10}} \Psi_0^2 r_1^2 dr_1 \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi$$
 (3)

В интеграле (3)  $r_0$  — радиус области, которая недоступна для свободного электрона. Она определяется из условия, что угловая составляющая энергии движения не должна превышать его полную энергию. В области локализации свободного электрона нет барьеров и не может быть туннельных областей с отрицательной энергией.  $\mathbf{r}_{10}$  — есть величи-

на, определяемая первым нулем функции Бесселя  $J_1(r_{10})=0$ . Плотность вероятности нахождения электрона в области  $r_1 \le r_{10}$  является наибольшей. Отношение амплитуд плотностей вероятностей в первой полуволне к амплитуде во второй составляет  $\sim 2.8$ . «Обрезание» интегралов связано с тем, что сама по себе плотность вероятности свобод-

ного электрона представляет собой неоднородную стоячую волну.

#### Вычисление энергии связи

Пусть протон смещается на радиус  $\vec{d}$  относительно вероятностного центра локализации электрона. Тогда уравнение (1) перепишется в виде:

$$-\frac{\hbar^2 \Delta_1}{2m_1} \Psi - \frac{e^2 \Psi}{|\vec{r}_1 + \vec{d}|} = \delta E \Psi (\vec{r}_1 + \vec{d}), \quad (4)$$

или в сферической системе координат

$$-\frac{\hbar^{2}\Delta_{1}}{2m_{1}}\Psi - \frac{e^{2}\Psi}{\sqrt{r_{1}^{2} + d^{2} - 2r_{1}d\cos\theta}} =$$

$$= \delta E\Psi(\vec{r_{1}} + \vec{d})$$
 (5)

Вектор смещения  $\vec{d}$  направлен вдоль оси z. Будем решать это уравнение методом возмущений, считая, что кулоновская энергия взаимодействия частиц мала по сравнению с эйнштейновской энергией покоя электрона. Тогда при вычислении энергии связи такой системы согласно формуле (3) возникают интегралы

$$\varepsilon_{0} = e^{2} \iiint_{r_{0} \le r_{1} \le r_{1} 0} \frac{\Psi_{0}^{2}}{\sqrt{r_{1}^{2} + d^{2} - 2r_{1}d\cos\theta}} r_{1}^{2} dr_{1} \sin\theta \times$$

$$\times d\theta \cdot d\phi / \iiint_{r_1 \leq r_2 \leq r_3} \Psi_0^2 r_1^2 dr_1 \sin\theta \cdot d\theta \cdot d\phi$$
, (6)

в одном из них можно выделить частный интеграл, определяющий зависимость энергии связи от смещения протона

$$I_{\theta} = \int_{0}^{\pi} \frac{\sin^{2}\theta \cdot d\theta}{\sqrt{r_{1}^{2} + d^{2} - 2r_{1}^{2}d\cos\theta}} \tag{7}$$

Чтобы не иметь дело с эллиптическими интегралами, вычислим это интеграл приближенно. Пусть  $d > r_{10} \ge r_1$ . В этом случае протон покидает собственную оболочку электрона. Воспользовавшись выписанным неравенством, имеем:

$$I_{\theta}(d) \approx \frac{\pi}{2d}$$
 (8)

Энергия притяжения двух разноименных зарядов убывает по кулоновскому закону.

В другом предельном случае  $d < r_1 \ge r_0$ , когда протон смещается в области недоступной для движения электрона, имеем:

$$I_{\theta}(d) \approx \frac{\pi}{2r_{1}} \tag{9}$$

Протон может смещаться в пределах радиуса  $d < r_0$ , при этом энергия связи субатома не изменяется.

Рассмотрим случай, когда  $r_1 = d$  в области пространственного заряда электрона

Тогда вычисляя интеграл (7), получим

$$I_{\theta}(d) = \frac{4}{9d} \tag{10}$$

Сравнивая это выражение с формулой (8) можно видеть, что энергия связи в области пространственного заряда электрона убывает по кулоновскому закону с несколько меньшим коэффициентом. Имеет место «торможение» протона в области пространственного заряда электрона. Кулоновские силы притяжения (в системе координат вероятностного центра электрона) должны возвращать протон в область  $d < r_0$ , где на протон не действуют силы. Иначе говоря, имеется пространственная область устойчивых субатомных состояний водорода.

Переформатируем уравнение (1) к виду:

$$-\frac{\hbar^2 \Delta_1}{2m_1} \Psi - \frac{ee^* \Psi}{r_1} = -\varepsilon_0 \Psi(\mathbf{r}_1) \qquad (11)$$

Уравнение (11) описывает «кулоновский» атом с эффективным зарядом  $e^*$ , величина которого возрастает от центра системы по закону:

$$e^*(r_1) = e(1 + E_1 \cdot r_1 / e^2)$$
 (12)

Для уравнения (11) с эффективным зарядом (12) пока не найдено аналитическое решение. Для оценки энергии связи субатома воспользуемся выражением для энергии связи атома водорода в виде:

$$\varepsilon_0 = \frac{ee^*}{2a}, \ a = \frac{\hbar^2}{me^2},$$
 (13)

а — боровский радиус. Энергия связи в этой формуле зависит от величины эффективно-го заряда электрона, которая в свою очередь зависит от радиуса его локализации. Для свободного электрона его собственная область локализации пространственного заряда определяется спином. В составе субатома его спин не должен изменяться, стало быть, и границы области локализации остаются практически неизменными. Положим для оценок

$$\varepsilon_0 = \frac{ee^*}{2a} = \frac{e^2}{2a} (1 + m_1 c^2 r_1 / e^2)$$
 (14)

$$r_1 = \beta \cdot \hbar / m_1 c \sqrt{3/8} < \beta < 3.85$$

Коэффициент β учитывает область локализации пространственного заряда свободного электрона. Тогда из (14) получаем:

$$\varepsilon_0 = \frac{e^2}{2a} (1 + \beta \cdot 137) = 13,55 \cdot (1 + \beta \cdot 137), \ni B (15)$$

Для оценки энергии связи субатома получаем диапазон возможных значений:

$$1187 < \varepsilon_0 < 7160, 3B$$

что согласуется вычислениями по теории возмущений  $\epsilon \approx 3\cdot 10^3$ , эВ. Таким образом, найдена еще одна оценка энергии связи субатома.

## Проблема образования субатомов водорода

Рассмотрим в общих чертах проблему образования субатомов водорода. В системе координат, связанной с протоном, электрон должен подлетать с энергией  $\sim \epsilon_0$ . Далее должно произойти резкое торможение электрона в области локализации протона и запас кинетической энергии должен быть передан окружающей электронной системе в виде многоэлектронных молекул с водородом, например, LiH, или твердому телу (аноду), на поверхности которого находится водород, например, в составе молекул воды. При этом должно наблюдаться тормозное излучение. По-видимому, такие условия эксперимента были созданы в работе [4].

В этой работе описаны результаты экспериментов по исследованию электрических взрывов фольг из особо чистых материалов в воде. Было обнаружено появление новых химических элементов и зарегистри-

ровано «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 электровзрывы, составляло  $\approx 4,8$  кВ. Электроны с такой энергией вполне могут стимулировать образование субатомного водорода в воде. Компактность и высокая энергия связи субатомов водорода позволяет, на наш взгляд, приближаться им к ядрам других элементов на значительно более близкие расстояния и вступать с ними в ядерные реакции.

#### Заключение

В целом с помощью метода теории возмущений показано, что энергия связи субатома водорода является максимальной по абсолютной величине и устойчивой к возможным осцилляциям протона в области субатома и убывает по кулоновскому закону при разлете частиц.

#### Список литературы

- 1. Nevolin V.K. The Subatomic State of Hydrogen. https://www.academia.edu/s/18b9c0267d?source=link.
- 2. Неволин В.К. «Горячие» атомы водорода. Наноинженерия. -2015. -№ 6. -C. 33–36.
- 3. Неволин В.К. Субатомы водорода. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 10. С. 789—791.
- 4. Взаимопревращения химических элементов. Под ред. Балакирева В.Ф. Екатеринбург. УРО РАН. 2003. Гл. 7., (model.susu.ru>transmutation/0007.htm).