



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-1-31-39>

Оригинальная статья  
Original paper

УДК 530.145(075.8)

## ОСНОВЫ ТЕОРИИ АТОМА ВОДОРОДА ДЛЯ ЗАДАЧ СИНТЕЗА КВАНТОВО-ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

И.П. КОБЯК

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)*

*Поступила в редакцию 27 июля 2021*

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2022

**Аннотация.** На основе нетрадиционной концепции формирования линейчатого спектра атома водорода получено уравнение, необходимое для компьютерных расчетов энергии, излучаемой электроном при переходе с некоторого текущего энергоуровня  $r_{\lambda,n}$  на радиус-приемник  $r_0$ . Полученное решение энергетического уравнения позволило вывести формальные соотношения, необходимые для расчетов значений радиусов уровней атома водорода и, соответственно, скоростей электрона на данных орбитах. Прикладной аспект рассмотренной методологии состоит в использовании результатов выполненных расчетов для задач синтеза и анализа квантово-электронных схем.

**Ключевые слова:** атом водорода, центроаффинные пространства, Лоренц-фактор, энергия излучения, релятивистская масса.

**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования.** Кобяк И.П. Основы теории атома водорода для задач синтеза квантово-электронных схем. Доклады БГУИР. 2022; 20(1): 31-39.

## FUNDAMENTALS OF THE THEORY OF A HYDROGEN ATOM FOR PROBLEMS OF SYNTHESIS OF QUANTUM-ELECTRONIC CIRCUITS

IHAR P. KABIAK

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)*

*Submitted 27 July 2021*

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2022

**Abstract.** On the basis of the unconventional concept of the formation of the line spectrum of the hydrogen atom, an equation is obtained that is necessary for computer calculations of the energy emitted by an electron during the transition from a certain current energy level  $r_{\lambda,n}$  to the receiver radius  $r_0$ . The obtained solution of the energy equation made it possible to derive the formal relations necessary for calculating the values of the radii of the levels of the hydrogen atom and, accordingly, the velocities of the electron in these orbits. The applied aspect

of the considered methodology consists in using the results of the performed calculations for the problems of synthesis and analysis of quantum-electronic circuits.

**Keywords:** hydrogen atom, centroaffine spaces, Lorentz factor, radiation energy, relativistic mass.

**Conflict of interests.** The author declares no conflict of interests.

**For citation.** Kabiak I.P. Fundamentals of the Theory of a Hydrogen Atom for Problems of Synthesis of Quantum-Electronic Circuits. Doklady BGUIR. 2022; 20(1): 31-39.

## Введение

Анализ принципов и соотношений, описывающих движение электрона в полях центроаффинных пространств ядра [1], дает возможность сформировать ряд исследовательских направлений в задачах синтеза новых микроэлектронных устройств. При этом необходимо помнить, что основная масса современных достижений в области квантовой механики и электроники не позволяет получить системных результатов при дальнейшем развитии полученных теоретических закономерностей, а также четко экспериментально подтвердить выдвинутые гипотезы [2, 3]. Главным препятствием на пути синтеза достоверных соотношений в электронике является незавершенность исследований вновь полученных зависимостей в рамках логической проверки новых результатов с нескольких точек зрения. Указанный факт при проверке теоретических выводов приводит, как правило, к неподтвержденности новых идей теории экспериментами или практическими испытаниями [4].

Предлагаемая в данной работе методология исследования физических систем путем рассмотрения явлений с двух точек зрения позволила сформировать уравнения, связывающие природу взаимодействия материальных частиц *Re*-пространства с учетом релятивистских скоростей наночастиц, соизмеримых с классической скоростью света. В частности, в работе предполагается, что движение электрона в поле ядра определяет известную энергетическую связь реализаций материи различных состояний, а именно: излучаемой плазмы и твердотельного электрона в форме энергетического объекта вращения. При этом в решении поставленной задачи учитывается, что классические подходы к составлению уравнений в теоретических исследованиях «в силу» инерционности взглядов и неочевидности квантово-механических явлений зачастую приводят к явному нарушению физико-математической системности в соотношениях и, соответственно, в результатах проводимых испытаний.

С точки зрения теории представляется неправомерным также формирование уравнений для параметров водородоподобных атомов с использованием классической электротехники. Ведь движение электрона характеризуется взаимодействием с полями ядра, имеющими совершенно особые свойства по отношению к вакууму или материи третьего измерения. Таким образом, основой для расчетов атома водорода может служить только информация, полученная в результате практических измерений, или косвенно-расчетные величины. Соответственно, и представленные в данной работе аналитические исследования и выводы сделаны на основе констант и соотношений квантовой механики с учетом установления их реальной природы и физико-математической системности.

## Энергетический спектр атома водорода и уравнение для энергии излучения электрона

Основой для расчета энергий взаимодействия элементарных излучений, выступающих в качестве логических переменных в элементах квантовых компьютеров, может служить физика излучений в водородоподобных атомах. Так, в общем случае, известно, что в процессе собственного *Re*-пространственного движения масса электрона может находиться на строго определенных энергоуровнях центроаффинного пространства ядра. При этом классический переход на радиус-приемник сопровождается формированием *Re*-пространственного спектра, описываемого обобщенной формулой Бальмера:

$$\omega_{\lambda,n} = \frac{R_1}{20} \left( \frac{1}{\lambda^2} - \frac{1}{n^2} \right), \quad R_1 = 2,07 \cdot 10^{16} \text{ c}^{-1}, \quad (1)$$

где  $\omega_{\lambda,n}$  – частота излучения энергии электроном при переходе с энергоуровня  $\lambda, n$  на соответствующий уровень серии Лаймана ( $1, \lambda$ ) или с уровня  $\lambda = \overline{1, n}$  на боровский радиус  $r_0$ ,  $R_1$  – значение постоянной Ридберга. При этом коррекция равенства (1) делением известной постоянной на 20 связана с необходимостью упомянутой выше физико-математической системности результатов, подтвержденной в ходе выполненных последующих расчетов.

Недостаток данного формального подхода к формированию спектра состоит в рассмотрении нулевого радиуса как фиксированного и неизменяемого параметра, что противоречит всем природным концепциям существования материи.

В рамках не классического подхода к рассмотрению принципа излучения энергии электроном будем считать, что известные «пинг-понг» механизмы в атоме отсутствуют, а переменным по величине параметра является сам нулевой радиус. Регулярность и циклическая повторяемость радиуса  $r_0$  в рамках данной концепции приводит к одношаговому перемещению электрона на орбиту-приемника. Определенная же природная регулярность указанного явления наводит на мысль об известном «пинг-понг» процессе излучения. В сформулированных условиях притяжение атомного ядра определяет излучение квантов электроном при перемещении последнего с радиуса  $r_{\lambda,n}$  всегда и только на флуктуирующий радиус  $r_0$ . При этом для  $\lambda > 1$  радиус-приемник равен  $r_0 = r_{1,n}$ , а для  $\lambda = 1$  – боровскому  $r_0$ .

Иными словами, если текущее излучение принадлежит серии с большим, чем классический радиус  $r_0$  радиусом-приемником, то следует считать, что вся энергия излучается при переходе на соответствующую орбиту  $r_{1,n}$ , а очередное обретение энергии на данной орбите осуществляется аналогично процессу поглощения энергии на радиусе  $r_0$ . Если же линии спектра излучения принадлежат серии Лаймана, то излучение в точности заканчивается на боровском радиусе.

Используя данный подход к анализу механизмов движения электрона в атоме, в соответствии с равенством для энергии, излучаемой субнаночастицей (электроном или просто наночастицей), движущейся бесконечно малый квант времени по дисковой траектории радиуса  $r_{\lambda,n}$ , можем записать уравнение:  $E_{sum} = E_{\lambda,n} - E_0$ , где  $E_0$  – это кинетическая энергия радиуса-приемника  $r_0 = r_{1,n}$  или радиуса Бора  $r_0$ , а параметр  $E_{\lambda,n}$  представляет собой энергию скорости  $v_{\lambda,n}$  на радиусе  $r_{\lambda,n}$ :

$$E_{\lambda,n} = \frac{m_{\lambda,n} v_{\lambda,n}^2}{2}. \quad (2)$$

В соотношении (2) масса  $m_{\lambda,n} = m_0 \gamma_{\lambda,n}$ , где Лоренц-фактор  $\gamma_{\lambda,n}$  определен для скорости  $v_{\lambda,n} = 2\pi \omega_{\lambda,n} r_{\lambda,n}$  на соответствующем энергоуровне  $\lambda, n$ ,  $m_0$  – масса покоя электрона.

Однако для наночастицы, находящейся на радиусе  $r_0 = r_{1,n}$  (или боровском  $r_0$ ) центроаффинного пространства ядра, не может быть записано аналогичное формуле (2) соотношение. Данный факт следует из того, что на радиусе-приемнике всегда выполняется поглощение энергии движущимся электроном.

Таким образом, общее уравнение для энергии, излучаемой электроном при переходе с  $\lambda > 1$ -й орбиты на переменную орбиту  $r_0 = r_{1,2}, r_{1,3}, \dots, r_{1,\infty}$  или для  $\lambda = 1$  при переходе на радиус Бора  $r_0$ , принимает вид

$$E_{sum} = \frac{m_{\lambda,n} v_{\lambda,n}^2}{2} - E_0. \quad (3)$$

При этом для  $\lambda > 1$  имеем:

$$E_0 = \frac{m_{1,\lambda} v_{1,\lambda}^2}{2} + E(m_0), \quad (4)$$

где  $m_{1,\lambda} = m_0$  – масса частицы на текущем радиусе-приемнике  $r_{1,\lambda}$ , а  $v_{1,\lambda}$  – скорость, определяющая излучение энергии электроном на указанном радиусе. Очевидно, что за счет отсутствия энергии излучения параметр  $v_{1,\lambda}$  в (4) равен нулю, а  $E(m_0) \neq 0$  – собственная энергия существования электрона.

Если излучение выполняется с радиусов  $r_{1,2}, r_{1,3}, \dots, r_{1,\infty}$  серии Лаймана при перемещении электрона на боровский радиус  $r_0$ , то уравнение (4) трансформируется к виду

$$E_0 = \frac{m_{0,1} v_{0,1}^2}{2} + E(m_0), \quad \text{где } m_{0,1} = m_0 \text{ – это масса электрона на боровском радиусе, } v_{0,1} = 0 \text{ –}$$

скорость излучения с указанного радиуса. Индекс 0,1 определяет  $\lambda = 0$ , т. е. сам радиус Бора,  $n = 1$  говорит о том, что перемещение осуществлялось с уровня  $\lambda = 1$ .

Итак, констатируем, что окончанию излучения электрона всегда соответствует момент перехода наночастицы на радиус  $r_0 = r_{1,\lambda}$  или боровский радиус  $r_0$ . На данной орбите имеет место обратный процесс, т. е. поглощение энергии ядра за счет релятивистских вращающихся моментов последнего. Как излучающий объект на указанном радиусе электрон может считаться не существующим. Само же произведение  $\frac{m_{1,\lambda} v_{1,\lambda}^2}{2}$  или  $\frac{m_{0,1} v_{0,1}^2}{2} = \frac{m_0 v_0^2}{2}$  определяет только процесс заряда электрона при движении по данному радиусу.

С точки зрения классической квантовой теории уравнение (3) должно быть эквивалентно известному соотношению для энергии  $E = mc^2$ . Однако следует учитывать, что «скорость света» для материальных объектов в *Re*-пространстве, в том числе и для плазмы третьего измерения, достигается, как правило, только в макрообъектах (фотосфера солнечного шара, например) или в нанообъектах, существующих в рамках теории «струн». При этом необходимо помнить, что использование Лоренц-фактора для поправки длины волны энергии, излучаемой со скоростью  $c = 299\,792,458$  км/с, неизбежно приведет к перенаправлению квантов в центр атома и исчезновению известного *Re*-пространственного спектра.

В связи с указанным обстоятельством можно заключить, что скорость излучения плазмы на радиусе  $r_{\lambda,n}$  будет определяться запасом энергии на указанном уровне, причем для непосредственно излучаемой энергии будет справедливо соотношение

$$\hbar\omega_{\lambda,n} = \frac{1}{2} m_{\lambda,n}^* (v_{\lambda,n}^*)^2, \quad (5)$$

где \* означает принадлежность параметра процессу излучения вещества с текущего радиуса  $r_{\lambda,n}$ .

Используя теперь формулу для энергии (5), можем записать:  $m_{\lambda,n}^* = \frac{2E_{sum}}{(v_{\lambda,n}^*)^2}$ .

Таким образом, упрощенно *Re*-пространственная масса электрона  $m_{\lambda,n}$  будет определяться с учетом двух составляющих: 1) с учетом запаса энергии, из соотношения (5), определяющего массу излучения  $m_{\lambda,n}^*$ , и 2) с учетом массы покоя электрона  $m_0$ . Следовательно, не трудно установить связь между релятивистской массой орбиты  $r_{\lambda,n}$  и излучаемой массой в виде

$$m_{\lambda,n} = \frac{m_0}{\beta(v_{\lambda,n})} = m_0 + \frac{2E_{sum}}{(v_{\lambda,n}^*)^2}, \quad (6)$$

где  $\beta(v_{\lambda,n})$  – поправка Лоренца.

Рассмотрим теперь формулы (3), (5) и (6), и с их учетом запишем соотношение

для энергии излучения в виде

$$E_{\lambda,n} = \frac{1}{2} \frac{m_0 (v_{\lambda,n}^*)^2 + 2E_{sum} v_{\lambda,n}^2}{(v_{\lambda,n}^*)^2} v_{\lambda,n}^2 \quad (7)$$

где  $E_{\lambda,n} \neq E_{sum}$  в соответствии с ненулевым результатом для  $E_0$ .

Из соотношения (5) можно сделать вывод, что в процессе излучения выполняется преобразование квантово-механического объекта с энергией  $\frac{m_{\lambda,n} v_{\lambda,n}^2}{2}$  в квантовый объект с энергией (7), включающий в себя энергетический остаток  $E(m_0)$ .

Далее, из уравнения (7) следует, что  $E_{\lambda,n} = \frac{1}{2} (m_0 + m_{\lambda,n}^*) v_{\lambda,n}^2$ . При этом скорость  $v_{\lambda,n}^*$  определяет формирование массы покоя  $m_0$  как функции преобразования некоторой массы плазмы  $m_{pl}$  в твердотельный объект  $m_0 = \frac{1}{2} f(v_{\lambda,n}^*, m_{pl})$  и массы излучения с энергией (5). Кроме того, в уравнении (3) необходимо определить связь параметров вида  $E_{sum} = E_{\lambda,n} - \hbar\omega_{\lambda,n} = \hbar\omega_{\lambda,n}$ ;  $E_{sum} = \frac{1}{2} E_{\lambda,n} = \hbar\omega_{\lambda,n}$ . Тогда

$$E_{\lambda,n} = \frac{1}{2} \left[ \frac{1}{2} f(v_{\lambda,n}^*, m_{pl}) + \frac{2E_{sum}}{(v_{\lambda,n}^*)^2} \right] v_{\lambda,n}^2 = \frac{m_{\lambda,n} v_{\lambda,n}^2}{4} + \frac{E_{sum}}{(v_{\lambda,n}^*)^2} v_{\lambda,n}^2.$$

Приведенное равенство позволяет заключить, что в процессе излучения выполняется физическое и математическое преобразование энергии вида  $\hbar\omega_{\lambda,n} = \frac{m_{\lambda,n} v_{\lambda,n}^2}{4}$ , а также формирование массы покоя электрона  $m_0$  с собственной энергией существования

$$E(m_0) = \frac{m_{\lambda,n} v_{\lambda,n}^2}{4}, \quad (8)$$

то есть соотношение (8) определяет энергетику существования наночастицы в рамках постизлученного движения последнего к радиусу-приемнику. Данное равенство определяет представление об электроны как о квантовом элементе, а также как о твердотельном объекте  $Re$ -пространства.

Теперь для решения уравнения (7) относительно скорости  $v_{\lambda,n}$  определим параметр  $v_{\lambda,n}^*$ , который считаем принципиально неизвестным, что следует из неоднозначного представления его в периодических изданиях и, соответственно, в расчетах микроэлектронных схем или логических элементов квантовых компьютеров.

### Скорость электрона на борновском радиусе атома водорода

Воспользуемся классическим соотношением для радиуса  $r_0$  и выполним его преобразование к виду

$$r_0 = \frac{\hbar^2}{m_0 e}. \quad (9)$$

В данном равенстве вместо значения квадрата заряда электрона использовано значение параметра в первой степени, численно совпадающее с квадратом классического параметра. Это связано с тем, что выраженные из известного соотношения для борновского радиуса

единицы измерения для  $[e^2]$  порождают внесистемность двух входящих в состав равенства (9)

$$\text{параметров и их единиц измерения в СГСМ: } [\sqrt{e^2}] = \left[ \sqrt{\frac{\Gamma \cdot \text{см}^3}{c^2}} \right] = \left[ \frac{\text{см}}{c} \sqrt{\Gamma \cdot \text{см}} \right].$$

Очевидно, что в природных механизмах взаимодействия материи (в различных измерениях) не существует корня квадратного из массы или длины, что и предполагает сделанную замену квадрата заряда на первую степень. Иными словами, при сохранении численного результата в равенстве (9) имеем единицы измерения заряда электрона вида  $[e] = \left[ \frac{\Gamma \cdot \text{см}^3}{c^2} \right]$ .

Аналогичная внесистемность параметров проявляется и в других соотношениях, используемых в физике атома. Так, например, известный из основополагающих работ магнетон Бора имеет единицы измерения вида

$$[\mu_B] = \left[ \frac{e\hbar}{m_0(v=c)} \right] = \left[ \frac{\text{см}^2}{c} \sqrt{\Gamma \cdot \text{см}} \right]. \quad (10)$$

Из данного «равенства», очевидно, следует природная неадекватность базового соотношения и физико-математическая неопределенность самого магнетона. Кроме того, использование в приведенной формуле точного значения для скорости света  $v=c$  с учетом Лоренц-фактора ставит под сомнение и результаты, использующие в качестве базы сам внесистемный параметр  $\mu_B$  (10).

Теперь, учитывая вышесказанное, для определения скорости электрона на радиусе  $r_0$  рассмотрим численное значение постоянной Ридберга в стандартном соотношении для волнового числа. Так, используя известные результаты работ, можем записать  $\frac{1}{\theta_{\lambda,n}} = R_2 \left( \frac{1}{\lambda^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ , при этом с учетом результатов [5] и [6] имеем

$$R_2 = \frac{2m_0 \pi e^2}{v_{\lambda,n}^* h^3} = 109677 \text{ см}^{-1}, \quad (11)$$

где  $\theta_{\lambda,n}$  – длина волны,  $h$  – постоянная Планка,  $v_{\lambda,n}^*$  – скорость излучения энергии электроном с радиуса  $r_{\lambda,n}$ . Значение заряда электрона с учетом доработки равенства для боровского радиуса в (11) принято равным  $e = 23,0708 \cdot 10^{-20}$  Фр.

Выполненная коррекция формулы (11) по отношению к работе [5], т. е. замена скорости света  $c = 299792,458$  км/с на скорость излучения  $v_{\lambda,n}^*$ , связана с тем, что использование классических параметров при подстановке в соотношение (9) не подтверждает известного значения  $R_2 = 109677 \text{ см}^{-1}$ . Попытка установить равенство путем изменения величины заряда с помощью Лоренц-фактора представляется нецелесообразной, так как данный параметр является постоянным и практически измеренным. Будем учитывать также, что равенство (11) получено экспериментальным путем [5, 7]. Таким образом, снова полагая, что скорость света материальных объектов в  $Re$ -пространстве достигается только в макрообъектах или на нано-уровне, считаем, что излучение квантов заряженным электроном характеризуется скоростью движения текущего центроаффинного пространства ядра. Соответственно, подстановка стандартных параметров в формулу (11) позволяет получить значение скорости  $v_{\lambda,n}^*$  с помощью следующих численных величин:

$$v_{\lambda,n}^* = \frac{2 \cdot 9,109 \cdot 10^{-28} \cdot 3,14 \cdot 23,0708^2 \cdot 10^{-40}}{109677 \left( 6,626 \cdot 10^{-27} \right)^3} = 95,4824 \cdot 10^3 \text{ км/с}. \quad (12)$$

В приведенном соотношении использовано значение заряда электрона из соотношения (2), однако, постоянное для всех уровней атома [5]. Из закона же сохранения

энергии следует, что приобретенная энергия массой  $m_0$  на некотором радиусе вращения соответствует излученной энергии на радиусе  $r_{\lambda,n}$ . Таким образом, можно утверждать, что скорость (фактически начала) излучения квантов (12) примерно соответствует некоторой псевдостатической скорости начала преобразования электрона из твердотельного состояния с массой  $m_0$  в плазменный объект, что для любого радиуса поглощения энергии, в том числе и для радиуса Бора, дает соотношение  $v_{\lambda,n}^* \approx v_0 = v_{0,l} \sqrt{2} = 95,4824 \cdot 10^3$  км/с, где  $v_{0,l}$  линейная скорость наночастицы на боровском радиусе  $r_0$ .

При полученном в (12) значении скорости несложно рассчитать и другие параметры атома, необходимые для выполнения последующих расчетов квантово-электронных устройств и систем.

Решим теперь уравнение (7) и вычислим излучающие радиусы атома водорода  $r_{\lambda,n}$ .

### Решение уравнения для энергии излучения электроном

Из равенства для скорости  $v_{\lambda,n}$  определим параметр  $r_{\lambda,n}$ , выполнив преобразование энергетического уравнения (7) к следующему виду:

$$2(v_{\lambda,n}^*)^2 E_{\lambda,n} = v_{\lambda,n}^2 \left[ m_0 (v_{\lambda,n}^*)^2 + E_{\lambda,n} \right]. \quad (13)$$

Учитывая, что энергия  $E_{\lambda,n}$  является расчетно-измеренной, а скорости  $v_{\lambda,n}$  и  $v_{\lambda,n}^*$  поправкой Лоренца не корректируются, выпишем составляющие данного уравнения (в системе СГСМ) и определим порядок численных значений, используя представление параметров (например, угловой частоты) в виде  $\omega_{\lambda,n} = \omega'_{\lambda,n} \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$ .

Так, в левой части уравнения (13), с учетом численных значений, имеем

$$2(v_{\lambda,n}^*)^2 \hbar \omega_{\lambda,n} = 2 \cdot 95,4824^2 \cdot 10^{16} \cdot 1,055 \cdot 10^{-27} \omega'_{\lambda,n} \cdot 10^{16} = 19,236 \cdot 10^8 \omega'_{\lambda,n}.$$

Первый член в правой части (13) имеет вид

$$(v_{\lambda,n}^*)^2 v_{\lambda,n}^2 m_0 = 95,4824^2 \cdot 10^{16} \cdot 2\pi^2 (r'_{\lambda,n})^2 \cdot 10^{-16} (\omega'_{\lambda,n})^2 \cdot 10^{32} \times 9,109 \cdot 10^{-28} = 16,393 \cdot 10^9 (r'_{\lambda,n})^2 (\omega'_{\lambda,n})^2.$$

Второе слагаемое в правой части (13), с учетом стандартного соотношения для энергии, будет равно  $2\hbar \omega_{\lambda,n} v_{\lambda,n}^2 = 1,055 \cdot 10^{-27} \cdot (\omega'_{\lambda,n})^2 \cdot 10^{16} \cdot 2\pi^2 (r'_{\lambda,n})^2 \cdot 10^{-16} (\omega'_{\lambda,n})^2 \cdot 10^{32} = 2,165 \cdot 10^6 (\omega'_{\lambda,n})^3 (r'_{\lambda,n})^2$ .

Полученные значения позволяют перейти к упрощенной форме энергетического уравнения (13) вида

$$19,236 \approx \left[ 163,93 \omega'_{\lambda,n} + 2,165 (\omega'_{\lambda,n})^2 \right] (r'_{\lambda,n})^2. \quad (14)$$

Очевидно, что  $163,93 \omega'_{\lambda,n} \gg 2,165 (\omega'_{\lambda,n})^2$ , в связи с чем из (14) имеем

$$r_{\lambda,n} \approx \frac{0,34255}{\sqrt{\omega_{\lambda,n}}} \text{ см}. \quad (15)$$

В общем виде решение (15) уравнения (7) с учетом  $2\hbar \omega_{\lambda,n} v_{\lambda,n}^2 \approx 0$  следует из равенства  $\hbar \omega_{\lambda,n} \approx \pi^2 \omega_{\lambda,n}^2 r_{\lambda,n}^2 m_0$ .

Отсюда получаем:

$$r_{\lambda,n} \approx \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\hbar}{\omega_{\lambda,n} m_0}}. \quad (16)$$

Подстановка частот  $\omega_{\lambda,n}$  в формулу (13) дает набор значений радиусов, требуемых для дальнейшего вычисления скоростей:  $v_{\lambda,n} = 2\pi\omega_{\lambda,n}r_{\lambda,n}$ .

Использование полученных параметров для определения энергии излучения подтверждает правильность выполненных расчетов при сравнении с результатом (5).

### Пример расчета энергии

Пусть  $\lambda=1$ , а значение  $n=2$  характеризует текущее расширение радиуса  $r_0$ . Данным параметрам соответствует точное значение угловой частоты  $\omega_{1,2} = 7,7625 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$ . Соответственно, по формуле (15) при этом находим:  $r_{1,2} \approx \frac{0,3425}{\sqrt{\omega_{1,2}}} = \frac{0,3425}{\sqrt{7,7625 \cdot 10^{14}}} = 1,2293 \cdot 10^{-8} \text{ см}$ .

С учетом соотношения (15) легко находятся также и значения скоростей  $v_{\lambda,n}$ , соответствующие движению электрона по орбитам  $r_{\lambda,n}$  атома водорода. В частности, для данного примера имеем  $v_{1,2} = 2\pi\omega_{1,2}r_{1,2} = 2\pi \cdot 7,7625 \cdot 10^{14} \cdot 1,2293 \cdot 10^{-8} = 0,599572 \text{ т.км/с}$ .

Энергия излучения  $\hbar\omega_{1,2} = 1,05457 \cdot 10^{-27} \cdot 7,7625 \cdot 10^{14} = 8,1861 \cdot 10^{-13} \text{ эрг}$ .

Соответственно, для запасенной энергии на данном радиусе имеем значение  $\frac{m_{1,2}v_{1,2}^2}{4} = 8,1867 \cdot 10^{-13} \text{ эрг}$ , что практически совпадает с энергией излучения.

### Заключение

Выполненные исследования показали, что достижение физико-математической системности в базовых соотношениях квантовой механики позволяет уточнить ряд взглядов на природу явлений в атоме водорода. Так, правильное толкование известных теоретических результатов и их связь с практически измеренными величинами приводит к достаточно точному представлению о расчетно-измеренных значениях реальных параметров. В частности, анализ классического соотношения для волнового числа (11) показал, что использование понятия «скорость света» не всегда допустимо в вопросах описания физических процессов. Это связано с тем, что подстановка указанного значения в Лоренц-фактор неизбежно ведет к появлению практически не достижимых значений параметров в реальных системах, и в частности «нуля» или «бесконечности» для центроаффинных пространств ядра. Сформулированный контраргумент для «скорости света» при анализе физических задач позволил сформировать особый взгляд на скорость движения электрона на радиусах  $r_{\lambda,n}$  с учетом несложных вычислений и, как следствие, определить ряд параметров данной наночастицы.

Прикладной аспект рассмотренной методологии состоит в использовании результатов расчетов в задачах применения водородоподобных систем для синтеза логики квантовых компьютеров [8, 9], а также коррекции компьютерных моделей любых микроэлектронных схем.

### Список литературы

1. Соколов А.А., Тернов И.М. *Квантовая механика и атомная физика*. Москва: Просвещение; 1970.
2. Киселев Ю.Т., Парьев Э.Я. Структура ядерной материи на малых расстояниях. *Ядерная физика*. 2019;82(6):00-00. DOI: 10.1134/S044002719060096.
3. Аникин Ю.А. Решение уравнения Ван Чанг-Уленбека для молекулярного водорода. *Журнал вычисл. матем. и матем. физ.* 2017;57(6):00-00.
4. Кукулин В.И., Померанцев В.Н., Рубцова В.А., Платонова М.Н. К природе ядерных сил. *Ядерная физика*. 2019;82(6):00-00. DOI: 10.1134/S044002719060102.
5. Слейбо У., Персонс Т. *Общая химия*. Пер. с англ. Москва: Мир; 1979.
6. Кобяк И.П. Физика атома в расчетах криптографических каналов связи. *Технические средства защиты информации: тез. докл. XVII Белорусско-российской науч.-техн. конф., Республика Беларусь, Минск, 11 июня 2019 г.* Минск: БГУИР; 2019:84.



7. Полинг Л., Полинг П. *Химия*. Пер. с англ. Москва: Мир; 1978.
8. Кобяк И.П. О влиянии дифференциальных пространств водородоподобных атомов на передачу данных в криптографических каналах связи. *Технические средства защиты информации: тез. докл. XIX Белорусско-российской науч.-техн. конф., Республика Беларусь, Минск, 8 июня 2021 г.* Минск: БГУИР; 2021:53-54.
9. Кобяк И.П. Основы теории атома водорода для задач синтеза квантово-электронных схем. *Автоматизированные системы управления технологическими процессами АЭС и ТЭС: материалы II Международной науч.-техн. конф., Республика Беларусь, Минск, 27-28 апреля 2021 г.* Минск: БГУИР; 2021:207-212.

## References

1. Sokolov A.A., Ternov I.M. [*Quantum mechanics and atomic physics*]. Moscow: Education; 1970. (In Russ.)
2. Kiselev Yu.T., Paryev E.Ya. [Structure of nuclear matter at short distances]. *Nuclear Physics*. 2019;82(6):00-00. DOI: 10.1134/S044002719060096. (In Russ.)
3. Anikin Yu.A. [Solution of the Wang Chang-Uhlenbeck equation for molecular hydrogen]. *Zh. calculation. matem. and math. phys.* 2017;57(6):00-00. (In Russ.)
4. Kukulin V.I., Pomerantsev V.N., Rubtsova V.A., Platonova M.N. [On the nature of nuclear forces]. *Nuclear Physics*. 2019;82(6):00-00. DOI: 10.1134/S044002719060102. (In Russ.)
5. Slabaugh W., Parsons T. [*General Chemistry*]. Moscow: Mir; 1979. (In Russ.)
6. Kobyak I.P. [Physics of the atom in the calculation of cryptographic communication channels]. *Technical means of information protection: abstracts. report XVII Belarusian-Russian scientific and technical. conf., Republic of Belarus, Minsk, June 11, 2019*. Minsk: BSUIR; 2019: 84. (In Russ.)
7. Pauling L., Pauling P. [*Chemistry*]. Moscow: Mir; 1978. (In Russ.)
8. Kobyak I.P. [On the influence of differential spaces of hydrogen-like atoms on data transmission in cryptographic communication channels]. *Technical means of information protection : tez. dokl. XIX Belarusian-Russian scientific-technical conf., Republic of Belarus, Minsk, June 8, 2021*. Minsk: BSUIR; 2021:53-54. (In Russ.)
9. Kobyak I.P. [Fundamentals of the theory of the hydrogen atom for the synthesis of quantum electronic circuits] *Automated control systems for technological processes of nuclear power plants and thermal power plants: materials of the II International Scientific and Technical Conference. conf., Republic of Belarus, Minsk, April 27-28, 2021*. Minsk: BSUIR; 2021:207-212. (In Russ.)

## Сведения об авторах

Кобяк И.П., к.т.н, доцент, доцент кафедры электронных вычислительных машин Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

## Information about the authors

Kobyak I.P., Cand. of Sci., Associate Professor, Associate Professor at the Electronic Computing Machines Department of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.

## Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. П. Бровки, 6,  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники;  
тел 293-86-17;  
e-mail: IPKobyak2012@mail.ru  
Кобяк Игорь Петрович

## Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,  
Minsk, P. Brovka st., 6,  
Belarusian State University  
of Informatics and Radioelectronics;  
tel. 293-86-17;  
e-mail: IPKobyak2012@mail.ru  
Kobyak Ihar Petrovich