УДК 517.18.(075.8)

СИНТЕЗ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫХ КАНАЛОВ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В СТРУКТУРЕ ВОДОРОДОПОДОБНЫХ АТОМОВ

И.П. КОБЯК

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 12 февраля 2024

Аннотация. Для решения задач синтеза защищенных квнтово-криптографических каналов связи рассмотрена модель формирования боровского радиуса как лоренцева расширения пространства ядра. Полученные на основе дифференциальных и интегральных преобразований соотношения позволили определить внутренние перемещения электрона и ядра в сфере атома с учетом их переходов в комплексных пространствах. Результаты расчетов позволили сформировать новый взгляд на источники помех в линиях квантовой связи, что дает возможность избежать ошибок в процессе проектирования каналов связи или выполнить коррекцию уже созданных систем передачи данных.

Ключевые слова: квантовые системы связи, атом водорода, комплексное пространство, Лоренц-фактор, скорость света, энергия струн.

Введение

Задачи синтеза помехозащищенных квантово-криптографических каналов связи требуют точных компьютерных расчетов при проектировании систем обмена данными, имеющими низкую энергетику информационных сигналов. Однако современные методы построения наноэлектронных устройств зачастую основываются на эмпирических соотношениях для параметров, не имеющих под собой физико-математических доказательств или логических обоснований. Например, известный из классики магнетон Бора по неопределенным причинам имеет единицы измерения, содержащие в своем составе множитель $\sqrt{г \cdot см}$ [1,2]. Очевидно, что в реальной природе физические преобразования данного вида не существуют в связи с чем, и все технические проекты, использующие сам указанный параметр, требуют дополнительных исследований. Данные обстоятельства при построении квантово-криптографических систем связи предполагают рассмотрение теории атома с учетом ряда новых физико-математических и логических доказательств, определяя при этом и новые базовые соотношения, характеризующие движение электрона и ядра.

Известно, что электрон водородоподобного атома при движении на релятивистских скоростях создает ряд пространств, моделирование и расчет которых базируется на известных соотношениях Лоренца. Соответственно, и любая орбитальная частица в задачах атомных исследований в общем случае должна рассматриваться как объект с орбитами в комплексных пространствах $\pm Re$ и $\pm Im$.

В задачах исследования помехозащищенности квантовых каналов связи существенное значение приобретают вопросы получения новых результатов на основе классических алгоритмов математики и физики. В частности процессы дифференцирования и интегрирования переменных параметров позволяют получить соотношения связывающие орбиты электрона и ядра с учетом их переходов в комплексном пространстве. Однако, основные задачи и их теоретические решения, содержащие математическую и логическую системность в выполненных расчетах до настоящего времени рассмотрены недостаточно.

Таким образом, вопросы формирования и взаимодействия пространств и массы плазменного электрона, а также ядра атома представляют собой существенный интерес и рассматриваются в данной работе с точки зрения релятивистской квантовой механики.

Внутреннее пространство атома водорода и его образующее начало

Существование ряда пространств и параметров атома, а также наличие движущих электрон внутренних сил [3], приводят к идее о существовании самого нулевого радиуса как субъекта суммарного действия полей ядра:

$$\vec{r}_{0,L} = \vec{r}_s \gamma_s , \qquad (1)$$

где индекс L - учитывает наличие в практически полученном результате (1) поправки Лоренца, $\vec{r}_{0,L}$ - в частном случае это боровский радиус, параметры $\vec{r}_s, \vec{v}_s$ - соответственно радиус и скорость оболочки ядра (*stripped atom*), параметр $\vec{r}_s, \vec{v}_s$ - Лоренц фактор скорости ядра, а вектор-стрелка указывает на знак параметра.

В такой интерпретации физических процессов, используя классическое значение радиуса $\vec{r}_s$ со скоростью вращения $\vec{v}_s$, можем сформировать один из базовых законов релятивистской механики, а именно соотношение для расчета радиуса ядра в виде:

$$\vec{r}_s = \vec{r}_{0,L} \beta_s , \qquad (2)$$

где β_s - поправка Лоренца.

Теперь, считая, что измеренное значение $\vec{r}_s$ известно, а нулевой радиус имеет классическое значение $\vec{r}_{0,L}$ из (2) можем определить скорость ядра $\vec{v}_s$ по формуле:

$$\vec{v}_s = \vec{c}\sqrt{1 - \frac{r_s^2}{r_0^2}} , \qquad (3)$$

Итак, в данной постановке задачи скорость вращения внешнего радиуса ядра оказывается весьма близкой к скорости света $\vec{v}_s$ и может рассматриваться как скорость собственного существования данного нанообъекта.

Рассмотрим соотношение (1) при условии действия на ядро внешней энергии струн и соответственно обретения оболочкой ядра скорости движения (примерно) равной и выше скорости света. При исследовании атома будем учитывать, что скорость света как критическая недостижима в реальных пространствах нанообъектов. Таким образом, предельное значение скорости вращения оболочки ядра в *Re*-пространстве ограничим значением $\vec{v}_{s,c} = \vec{c} - \Delta_1\vec{c} > \vec{v}_s$, где $\Delta_1\vec{c}$ - бесконечно малая величина. Итак, считая, что радиус $\vec{r}_{0,L}$ в текущем цикле излучения имеет условно постоянное значение, получаем закон изменения радиуса ядра вида $\vec{r}_s \to \vec{r}_{s,c}$ на околосветовой скорости $\vec{c} - \Delta_1\vec{c}$:

$$\vec{r}_{0,L} = \vec{r}_{s,c} \gamma\left(\Delta_1\vec{c}\right), \qquad (4)$$

где $\gamma\left(\Delta_1\vec{c}\right)$ - это Лоренц-фактор от скорости $\vec{c} - \Delta_1\vec{c}$.

Для перехода оболочки ядра в мнимое пространство (*-Im*) скорость $\vec{v}_s$ в (4) должна стать равной: $\vec{v}_s = -\vec{c} - \Delta_2\vec{c}$ так как реализуется в пятом измерении. При этом имеем:

$$\vec{r}_{0,L} = \vec{r}_{s,c} \gamma\left(\Delta_2\vec{c}\right). \qquad (5)$$

В равенстве (5) Лоренц-фактор должен быть взят равным:

$$\gamma_s\left(\Delta_2\vec{c}\right) = -j\sqrt{\frac{\vec{c}}{2\Delta_2\vec{c}}}.$$

Тогда из (5) имеем физическое соотношение параметров:

$$\vec{r}_{0,L}\sqrt{\frac{2\Delta_2\vec{c}}{\overleftarrow{c}}} \Rightarrow -j\vec{r}_{s,c}, \tag{6}$$

которое определяет переход пространства ядра вида $\vec{r}_{s,c} \to -j\vec{r}_{s,c}$. Математически равенство (6) устанавливается путем умножения левой части данного соотношения на поправку Лоренца:

$$\vec{r}_{0,L}\sqrt{\frac{2\Delta_2\vec{c}}{\overleftarrow{c}}}\left[\beta_s\left(\Delta_2\vec{c}\right)\right] = -j\vec{r}_{s,c}.$$

Из данного равенства следует, что:

$$-j\vec{r}_{0,L}\frac{2\Delta_2\vec{c}}{\overleftarrow{c}} = -j\vec{r}_{s,c} \tag{7}$$

при этом считаем, что радиус $-j\vec{r}_{s,c}$ не представляет собой предельно сжатого пространства, что доказывает сформированный множитель в левой части соотношения: $\frac{2\Delta_2\vec{c}}{\overleftarrow{c}} < \sqrt{\frac{2\Delta_2\vec{c}}{\overleftarrow{c}}}$.

Из выполненных преобразований можно сделать вывод о том, что расчеты, начиная с соотношения (5), должны осуществляться раздельно для левой и правой частей равенства. Это следует из того, что функциональная зависимость пространства электрона от скорости вращения ядра имеет нелинейный характер, а равенство вида (7) устанавливается только путем физико-математического анализа процессов движения.

Далее, при увеличении скорости вращения оболочки ядра до значения $\vec{v}_s = -\vec{c}\sqrt{2} + \Delta_3\vec{c}$ поправка Лоренца становится равной $\beta_s\left(\Delta_3\vec{c}\right) = j\sqrt{1-\psi}$, где $\psi = \frac{2\sqrt{2}\Delta_3\vec{c}}{\overleftarrow{c}} + \frac{\Delta_3^2\vec{c}}{c^2}$.

Тогда на основании (6) можем записать: $-\vec{r}_{0,L}\sqrt{1-\psi} \Rightarrow -j\vec{r}_{s,c}$, а с учетом (7) и поправки $\beta_s\left(\Delta_3\vec{c}\right)$ получаем физическое соотношение:

$$-j\vec{r}_{0,L}\left(1-\psi\right) \Leftarrow -j\vec{r}_{s,c}, \tag{8}$$

что указывает на уменьшение радиуса $-j\vec{r}_{s,c}$, до уровня $-j\vec{r}_{0,L}\left(1-\psi\right)$ на скорости $\vec{v}_s = -\vec{c}\sqrt{2} + \Delta_3\vec{c}$.

Дифференциальное преобразование соотношения для радиуса ядра

С учетом полученных выше результатов сформулируем следующую теорему.

Теорема 1. *Re*-пространственная оболочка ядра атома водорода радиуса $\vec{r}_s$ за счет обретения внешней энергии струн является образующим началом пространства электрона с радиусом $\vec{r}_{0,L}$, преобразуемым в орбиту шестого измерения $-j\vec{r}_{s,c}$ на скорости $\vec{v}_s = -\vec{c} - \Delta_2\vec{c}$ уменьшаемую на скорости $\vec{v}_s = -\vec{c}\sqrt{2} + \Delta_3\vec{c}$ до уровня $-j\vec{r}_{0,L}\left(1-\psi\right)$, и преобразуемую далее в *Re*-пространство радиуса $\vec{r}_{0,L}\sqrt{2}$.

Доказательство. Возведем в квадрат обе части соотношения (3). При этом процесс дифференцирования $\frac{\partial}{\partial\vec{r}_s}$ вновь полученного уравнения позволяет получить соотношение:

$$\frac{2\vec{r}_s}{r_{0,L}^2} = -\frac{8\pi^2\vec{r}_s\omega_s^2}{c^2}. \tag{9}$$

Из (9) следует теоретическое равенство:

$$\vec{c} = j2\pi\vec{r}_{0,L}\omega_s. \tag{10}$$

Соотношение (10) показывает, что на радиусе $j\vec{r}_{0,L}$ за счет энергии струн, движущих ядро, образуется граница сферы атома, представляющая собой предельную минимальную мнимую оболочку. Кроме того, данное соотношение указывает на возможность перетекания плазменной материи из пространства в пространство на релятивистских скоростях. Иными словами в условиях существования равенства (10) представляется возможным перетекание плазменной материи из $\pm Re$-пространства в $\pm Im$ и обратно.

Рассмотрим равенство (2) с учетом производной (9). При этом получим:

$$2\vec{r}_s^2\vec{c}^2 = -8\pi^2\vec{r}_s^2\omega_s^2\vec{r}_{0,L}^2, \qquad (11)$$

где $\vec{v}_s^2 = 4\pi^2\vec{r}_s^2\omega_s^2$. Соответственно знак минус в равенстве (11) говорит о переходе параметров ядра в мнимое пространство.

Преобразуем равенство (11), используя переход параметра $\vec{r}_s$ (2) в соотношение вида (8) $\vec{r}_s \to -j\vec{r}_{0,L}(1-\psi)$ на скорости $\vec{v}_s = -\vec{c}\sqrt{2} + \Delta_3\vec{c}$. При этом:

$$\left[-j\vec{r}_{0,L}(1-\psi)\right]^2 = -\frac{2\left(-\vec{c}\sqrt{2}+\Delta_3\vec{c}\right)^2\vec{r}_{0,L}^2}{2c^2}\left[\beta(\Delta_3\vec{c})\right]^2.$$

Извлекая квадратный корень из данного соотношения, а также, используя знак плюс в поправке Лоренца для скорости $\vec{v}_s = -\vec{c}\sqrt{2} + \Delta_3\vec{c}$, получаем межпространственный переход:

$$-j\vec{r}_{0,L}(1-\psi) \Rightarrow j\left(-\sqrt{2}+\frac{\Delta_3\vec{c}}{\vec{c}}\right)\beta(\Delta_3\vec{c})\vec{r}_{0,L}.$$

Отсюда следует:

$$-j\vec{r}_{0,L}(1-\psi) \Rightarrow \left(\sqrt{2}-\frac{\Delta_3\vec{c}}{c}\right)(1-\psi)\vec{r}_{0,L}. \qquad (12)$$

Соотношение (12) не может рассматриваться как чисто математическое равенство. Полученная функциональная зависимость является физической интерпретацией пространств, преобразование которых соответствует перемещению плазменного электрона с бесконечно малого радиуса $-j\vec{r}_{0,L}$ мнимого пространства, в соответствии с (10), на радиус $\vec{r}_{0,L}\sqrt{2}$ *Re*-пространства. Теорема доказана.

Интегрирование соотношения для радиуса ядра

Исследуем теперь процесс изменения радиуса ядра с учетом изменения скорости $\vec{v}_s$. При этом для параметра $\vec{v}_s = -\vec{c} - \Delta_2\vec{c}$, из (2) имеем:

$$\vec{r}_{s,c} = -\vec{r}_{0,L}\sqrt{1-\frac{(-c-\Delta_2 c)^2}{c^2}}$$

или

$$-j\vec{r}_{s,c} = -\vec{r}_{0,L}\sqrt{\frac{2\Delta_2\vec{c}}{\vec{c}}}\left[\beta_s(\Delta_2\vec{c})\right].$$

Соответственно на скорости $\vec{v}_s = -\vec{c}\sqrt{2} + \Delta_3\vec{c}$ получаем:

$$\vec{r}_{s,c} = -\vec{r}_{0,L}\sqrt{1-\frac{\left(-\vec{c}\sqrt{2}+\Delta_3\vec{c}\right)^2}{c^2}} = -j\vec{r}_{0,L}\sqrt{1-\psi},$$

$$-j\vec{r}_{s,c} = -\vec{r}_{0,L}\sqrt{1-\psi}\cdot\left[\beta(\Delta_3\vec{c})\right] = -j\vec{r}_{0,L}(1-\psi).$$

Отсюда следует: $j\vec{r}_{s,c} \Rightarrow -j\vec{r}_{0,L}(1-\psi)$.

Далее, исследование ядра водородоподобного атома и его пространств на основе соотношения (2) может быть выполнено с помощью интегральных преобразований. При этом может быть доказана следующая теорема.

Теорема 2. Пространство радиуса ядра $\vec{r}_s$ на скорости вращения $\vec{v}_s = -\vec{c} - \Delta_2\vec{c}$ преобразуется в мнимое ортогональное пространство $-j\vec{r}_{s,c}$ шестого измерения, преобразуемое в пространство $-j\vec{r}_{0,L}\sqrt{1-\psi}$ и далее в пространство $\frac{\vec{r}_s}{\sqrt{2}}$ на скорости $\vec{v}_s = -\vec{c}\sqrt{2} + \Delta_3\vec{c}$.

Доказательство. Для достижения поставленной цели необходимо представить равенство (2) с учетом приращения скорости $\Delta\vec{v}_s$ (считаем, что скорость возрастает в связи с притоком кванта внешней энергии) и соответствующего изменения радиуса ядра $\Delta\vec{r}_s$:

$$\vec{r}_s - \Delta\vec{r}_s = \vec{r}_{0,L}\sqrt{1 - \frac{\left(\vec{v}_s + \Delta\vec{v}_s\right)^2}{c^2}}.$$

Отсюда, после ряда преобразований, имеем приближенное равенство:

$$\Delta\vec{r}_s^{\,2} = -\frac{2\vec{r}_{0,L}^{\,2}}{c^2}\vec{v}_s\Delta\vec{v}_s.$$

При $\Delta\vec{v}_s \to 0$ получаем интеграл:

$$\vec{r}_s^{\,2} = -\frac{2\vec{r}_{0,L}^{\,2}}{c^2}\int \vec{v}_s d\vec{v}_s = -\frac{\vec{v}_s^{\,2}}{c^2}\vec{r}_{0,L}^{\,2}.$$

Из данного соотношения следует:

$$\vec{v}_s = -j\frac{\vec{r}_s}{-\vec{r}_{0,L}}\vec{c}. \tag{13}$$

Используем поправку Лоренца для скорости $\vec{v}_s = -\vec{c}\sqrt{2} + \Delta_3\vec{c}$ в (13). При этом получаем:

$$\vec{v}_s = -j\frac{c}{-\vec{r}_{0,L}}\frac{\vec{r}_s}{\beta^2\left(\Delta_3 c\right)},$$

где $\beta\left(\Delta_3\vec{c}\right) = j\sqrt{1-\psi}$.

Из полученного соотношения имеем:

$$-\vec{c}\sqrt{2} + \Delta_3\vec{c} = -j\frac{\vec{r}_s c}{-j\vec{r}_{0,L}\sqrt{1-\psi}\cdot\beta\left(\Delta_3 c\right)}$$

или

$$-j\vec{r}_{0,L}\sqrt{1-\psi} = j\frac{\vec{r}_s c}{\left(\vec{c}\sqrt{2} - \Delta_3\vec{c}\right)\beta\left(\Delta_3 c\right)}.$$

Из данного равенства имеем физическое преобразование вида:

$$-j\vec{r}_{0,L}\sqrt{1-\psi} \Rightarrow \frac{\vec{r}_s}{\left(\sqrt{2} - \frac{\Delta_3\vec{c}}{c}\right)} \approx \frac{\vec{r}_s}{\sqrt{2}}. \tag{14}$$

Таким образом, радиус $\vec{r}_s$ на релятивистских скоростях движения материи является пространством перетекания плазмы ядра из пространства Re в мнимое пространство $-Im$ с возвратом в пространство радиуса $\frac{\vec{r}_s}{\sqrt{2}}$ (14) через точку (10). Теорема доказана.

Заключение

Полученные аналитические соотношения могут успешно применяться для компьютерного исследования пространственного взаимодействия электрона и ядра водородоподобных атомов. Рассмотренная в работе модель, определяет нулевой радиус (в частности, боровский) как лоренцево расширение радиуса ядра. Это позволяет установить связь пространств в виде соотношений (12) и (14) с учетом комплексного представления значений параметров.

Использование в работе дифференциальных и интегральных преобразований доказало существование точек перетекания материи из пространства Re в пространство $-Im$ и наоборот. В частности, соотношения (6)-(7) позволяют заключить, что плазма электрона с внутреннего радиуса ядра на скорости $\vec{v}_{s,c} \approx \vec{c}$ перетекает в мнимое ортогональное пространство радиуса $-j\vec{r}_{0,L}$, образуя сферу со скоростью движения плазмы близкой к (10).

Ядро атома, взаимодействуя с релятивистскими пространствами струн, перетекает на уровень сферы $-j\vec{r}_{s,c}$ и далее с учетом кванта энергии внешнего пространства на уровень радиуса $-j\vec{r}_{0,L}(1-\psi)$. Данное пространство является пространством перетекания $-j$ пространственной релятивистской плазмы ядра в третье измерение на радиус $\frac{\vec{r}_s}{\sqrt{2}}$.

Полученные результаты могут быть использованы при проектировании квантово-электронных каналов связи с высокой защищенностью от помех, порождаемых внутриатомными факторами носителей.

SYNTHESIS OF NOISE-RESISTANT COMMUNICATION CHANNELS WITH USING DIFFERENTIAL AND INTEGRAL TRANSFORMATION OF HYDROGEN-LIKE ATOMS

I.P. KOBYAK

Abstract. To solve the problems of synthesis of secure quantum cryptographic communication channels, a model of the formation of a hydrogen-like atom as a Lorentz expansion of the atomic nucleus is considered. The relations obtained on the basis of differential and integral transformations made it possible to determine the internal movements of the electron and the nucleus in the spaces of the atom, taking into account the transitions of matter in complex spaces. The results of the calculations allowed us to form a new view of the sources of interference in quantum communication lines, which makes it possible to avoid errors in the channel design process or to correct data transmission systems.

Keywords: quantum communication systems, hydrogen atom, complex space, Lorentz factor, speed of light, string energy.

Список литературы

1. 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. С. 207-212.
2. Кобяк И. П. Основы теории атома водорода для задач синтеза квантово-электронных схем // Доклады БГУИР. 2022. Т. 20, № 1. С.31–39.
3. Соколов А.А., Тернов И.М. Квантовая механика и атомная физика. М.: Просвещение, 1970.