

ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ТЕОРИЯ ПОЛЯ

УДК 539.12

DOI: 10.17223/00213411/63/5/122

В.В. СКОБЕЛЕВ

**СПИНОВЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ИЗЛУЧЕНИИ ФОТОНА
В «ДВУМЕРНОМ» ВОДОРОДОПОДОБНОМ АТОМЕ**

Показано, что результат вычисления вероятности однофотонного излучения «двумерным» водородоподобным атомом может зависеть от выбора спинового оператора. При этом, если его выбрать как оператор проектирования спина «на плоскость движения», то результат, как и должно быть, согласуется с классической теорией излучения «трехмерного» атома, что было продемонстрировано автором (в т. ч. в одной из предыдущих работ). При его же выборе как оператора проектирования «на перпендикуляр к плоскости движения» совпадение с классической теорией отсутствует. Это ставит под сомнение результаты одной из приведенных в списке литературы работ других авторов.

Ключевые слова: спиновый оператор, однофотонное излучение, водородоподобный атом, серия Лаймана.

Введение

Эффект излучения фотона водородоподобным атомом (Ze) является ключевой задачей как обычной «трехмерной» квантовой механики и КЭД [1], так и в пролонгации на «двумерное» пространство с «двумерным» в плоскости (x, y) атомом. Интерес к таким «низкоразмерным» атомам связан с принципиальной возможностью их экспериментальной реализации, подобно получению «двумерных» атомов Na в фазе бозе-конденсата в эксперименте авторов работы [2].

Как показано в работах [3–5], при рассмотрении этих вышеупомянутых вопросов в обычном «трехмерном» пространстве нетривиальную роль могут играть спиновые эффекты, зависящие, в свою очередь, от выбора спиновых операторов в рамках теории Дирака и при разложении по релятивистскому параметру $(Z\alpha)$, $\alpha = e^2 / \hbar c \approx 1.137$.

В предложенной нами в этих работах схеме учета спиновых эффектов вероятность однофотонного излучения для аналога α -линии серии Лаймана (т.е. при любом Z) не меняется по сравнению с теорией Шредингера [6], однако правила отбора «по l » могут и измениться, хотя строго это нами не доказано. Кроме того, в этом подходе возможна и более наглядная по сравнению с общепринятой интерпретация так называемых контактных и спин-орбитальных поправок к энергии.

Эта же программа уже частично реализована нами и для «двумерного» водородоподобного атома при наиболее естественном выборе спинового оператора, проектирующего спин на плоскость «движения» [7, 8].

Представляет интерес, по аналогии с работой [9], другой выбор этого оператора, проектирующего спин на ось z .

Конкретно, в данной работе на основании сравнения результатов вычислений по теории Дирака с использованием указанных спиновых операторов и в теории Шредингера мы демонстрируем адекватность нашего выбора спинового состояния [8] по сравнению с подходом авторов [9], как на это и было предварительно указано в работе [8].

С этой целью сначала найдем эквивалентный [9] вид спинового оператора в рамках развиваемого нами подхода к учету спиновых состояний.

Как и в работах [7, 8], или ранее в «трехмерном» случае, в [3, 4] решение уравнения Дирака

$$D_- \Psi = 0, \tag{1}$$

$$D_{\mp} = \left(E_r + \frac{Ze^2}{r} \right) \gamma^0 - i\hbar c \left(\boldsymbol{\gamma} \frac{\partial}{\partial \mathbf{r}} \right)_{1,2} \mp m_e c^2, \tag{1a}$$

$$E_r = m_e c^2 + E, \quad |E| \ll m_e c^2,$$

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>