ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ
Т. 64, № 7 ФИЗИКА 2021

УДК 539.12 DOI: 10.17223/00213411/64/7/132

В.В. СКОБЕЛЕВ

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПЕРЕХОДЫ ЭЛЕКТРОНА В ВОДОРОДОПОДОБНОМ АТОМЕ С ИЗЛУЧЕНИЕМ ФОТОНА

Впервые рассмотрены переходы электрона в водородоподобном атоме с изменением пространственной размерности $D = 3 \to D' = 1, 2$ и энергии его состояния, сопровождающиеся излучением фотона. Подобные «превращения» для некоторых атомов наблюдались экспериментально, однако теоретическое объяснение этого эффекта отсутствовало. Расчеты проведены в параболических координатах, вследствие чего данный подход представляет и методический интерес, поскольку эти координаты редко используются в литературе.

Ключевые слова: *пространственная размерность, излучение, фотон, электрон, водородоподобный атом, параболические координаты.*

Введение

В настоящее время в литературе весьма популярна тематика, связанная с возможным существованием атомов, имеющих одномерную ($D = 1$) или двумерную ($D = 2$) электронную структуру (в частности, о наших и других работах по вопросу упоминается ниже). Эти исследования инициированы экспериментальными свидетельствами получения таких атомов из «обычных» трехмерных ($D = 3$) [1–4].

Подобные «пространственные превращения» могут происходить с изменением энергии атомов и сопровождаться излучением, например, фотона, сам же процесс излучения – претендовать на роль возможного механизма этих «превращений». Насколько нам известно, данная сторона проблемы в литературе вообще не обсуждалась.

В данной работе мы вычисляем вероятность излучения фотона при трансформации водородоподобного атома (Ze) с изменением пространственной размерности его электронной структуры $D = 3 \to D' = 1, 2$ (при $Z = 1$ это собственно водород). Экспериментальная регистрация испускаемых фотонов соответствующей частоты может указывать на факт присутствия образуемой таким способом «низкоразмерной фазы» $1, 2$ водородоподобных атомов.

В настоящей работе мы используем просуммированное по состояниям поляризации фотона выражение вероятности однофотонного излучения в единицу времени, полученное на основе теории Шредингера для «трехмерного атома водорода», например, в классической книге [5] (формула (59.11) этой книги), и записанное нами здесь в эквивалентном [5] виде

$$W = \frac{4}{3}\frac{\alpha \Delta E^3}{\hbar^3 c^2} \left|\boldsymbol{M}\right|^2, \qquad \alpha = \frac{e^2}{\hbar c}, \tag{1}$$

$$\left|\boldsymbol{M}\right|^2 = \left|x_{S'S}\right|^2 + \left|y_{S'S}\right|^2 + \left|z_{S'S}\right|^2. \tag{1a}$$

Матричные элементы координат в (1a) в конфигурационном пространстве электронов с обозначением в [5] элемента его объема как $d\tau$ вычисляются по «шредингеровским» волновым функциям с наборами квантовых чисел S, S' начального (S) и конечного (S') состояний «в пространствах» D и D' соответственно (в [5] совокупность квантовых чисел обозначена символами n и n', а $D' = D = 3$). Заметим при этом, что формула (1) является достаточно универсальной: например, ее использование для вычисления вероятности обычного механизма излучения двумерного или одномерного водородоподобного атома (вклады первых двух или последнего слагаемого в (1a) соответственно) дает совпадающий с точными методами КЭД результат (см. работы [6–8]).

Эти матричные элементы (амплитуды) в варианте трехмерного пространства [5] запишем в виде

$$I_{x,y,z} \equiv \{x_{S'S}, y_{S'S}, z_{S'S}\} = \int dV_{(3)}\ \Psi_{S'(3)}^{*}\ \{x, y, z\}\ \Psi_{S(3)}. \tag{2}$$

Уважаемые читатели!

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

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