

## ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И ТЕОРИЯ ПОЛЯ

УДК 539.12

DOI: 10.17223/00213411/62/4/37

В.В. СКОБЕЛЕВ, В.П. КРАСИН

## К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ ЭНЕРГИИ ВОЗБУЖДЕННЫХ СОСТОЯНИЙ ГЕЛИЯ С НУЛЕВЫМИ ОРБИТАЛЬНЫМИ МОМЕНТАМИ ЭЛЕКТРОНОВ\*

В рамках вариационного метода в результате численного расчета найдена энергия возбужденного состояния и постоянная экранирования атома гелия в электронной конфигурации  $1s2s$ , которое является метастабильным по отношению к однофотонному переходу в основное состояние  $1s^2$ , а также в конфигурации  $1s3s$ . Результаты численного расчета энергии приблизительно совпали с другими, имеющимися для этих состояний в доступной нам литературе. Впервые численные расчеты проведены и для конфигураций  $1sns$ , в диапазоне значений  $n = 4, \dots, 9$  с получением соответствующих значений энергии  $E_n$  и постоянной экранирования  $\sigma_n$ . Получено, в частности, что  $\sigma_n$  и  $|E_n|$  для возбужденных состояний в диапазоне  $n = 2, 3, \dots, 9$  монотонно убывают с увеличением  $n$ , причем в формальном пределе  $n \rightarrow \infty$   $\sigma_n \rightarrow 0$ , а  $E_n$  — к энергии водородоподобного атома с зарядом ядра  $(2e)$ , как это и должно быть в соответствии с физическим смыслом этих величин. Результаты вычислений иллюстрируются графически. Работа может иметь как научное с возможностью экспериментальной проверки результатов, так и методическое значение в плане развития и применения основных принципов квантовой механики к атому гелия.

**Ключевые слова:** гелий, энергия, постоянная экранирования.

## Введение

Приближенный теоретический расчет энергии гелия может быть выполнен численно или, в некоторых случаях, аналитически с использованием разработанного Хиллераасом [1, 2] вариационного метода, который для основного состояния  $1s^2$  дает практически совпадающие с экспериментом результаты (см., например, [3, 4]).

В этом расчете, включая и рассматриваемое, в частности, в данной работе метастабильное по отношению к однофотонному переходу  $(2e)^* \rightarrow (2e) + \gamma$  первое возбужденное состояние  $1s2s$ , мы используем полученные в работе [5] в простейшем варианте вариационного метода с единственным параметром варьирования (атомным номером  $Z$ ) общие выражения для энергии и постоянной экранирования двухэлектронного атома.

Данный метод расчета позволяет, в частности, выяснить зависимость энергии  $E_n$  и постоянной экранирования  $\sigma_n$  атома гелия от значения квантового числа  $n$  в состояниях  $\{n' = 1\}$ ,  $\{n = 2, 3, \dots; l = 0\}$ . Литература по вычислению энергии атома гелия является достаточно обширной (см., например, [6–8] и цитированные там работы); при этом в [8] был применен более совершенный, как считается, вариант вариационного метода с большим, чем обычно [3, 4], числом варьируемых величин, что соответственно предполагает большую точность вычислений, однако для состояний с  $l = 0$  рассмотрены только значения  $n = 2, 3$ , в то время как в данной работе  $E_n$  и  $\sigma_n$  вычислены для значений  $n = 2, 3, \dots, 9$ , причем полученные результаты для  $E_n$  при  $n > 3$  являются оригинальными, а постоянная экранирования ранее вообще не вычислялась.

В данной работе нас интересует частный случай обычного трехмерного ( $D = 3$ ) двухэлектронного атома. При этом величина энергии для значений «энергетических» квантовых чисел  $n, n'$  определяется выражением, следующим из общих формул работы [5] одного из авторов, включающих и варианты «размерностей пространства»  $D = 1, 2$ , при выводе которых использовались результаты другой его работы [9]:

$$E = -T_E (Z - \sigma)^2, \quad (1)$$

\* Работа выполнена в рамках базовой части госзадания ФГБОУ «Московский политехнический университет» (проект № 3.4880.2017/8.9).

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>