EESTI NSV TEADUSTE AKADEEMIA TOIMETISED. 31. KÕIDE
FÜÜSIKA * MATEMAATIKA. 1982, NR. 3

ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР. ТОМ 31
ФИЗИКА * МАТЕМАТИКА. 1982, № 3

УДК 530.145.6

*Ю. ЛЕМБРА*

# ОЦЕНКА ГЛУБИНЫ ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЯМЫ ДЕЙТРОНА С ПОМОЩЬЮ СООТНОШЕНИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

*J. LEMBRA.* DEUTRONI EKSPONENTPOTENTSIAALIAUGU SÜGAVUSE HINDAMINE MÄÄRAMATUSE RELATSIOONI ABIL

*J. LEMBRA.* THE ESTIMATE OF THE DEPTH OF EXPONENTIAL POTENTIAL WELL IN THE DEUTERON BY MEANS OF THE UNCERTAINTY PRINCIPLE

*(Представил П. Кард)*

В сборниках задач по квантовой механике (см., напр., [1, 2]) обычно встречается задача, в которой требуется оценить энергию основного состояния водородоподобного атома исходя из соотношения неопределенности. Такой же подход можно использовать при описании дейтрона. В [3] этот вопрос рассмотрен на примере потенциала Юкавы.

В данном сообщении мы решаем ту же задачу в случае экспоненциального потенциала:

$$V(r) = -V_0 \exp(-\beta r), \tag{1}$$

где $r$ — расстояние между протоном и нейтроном, а $V_0$ и $\beta$ — положительные постоянные. Величина $V_0$ характеризует глубину потенциальной ямы, а $1/\beta$ — радиус действия ядерных сил, для которого в качестве оценки можно взять комптоновскую длину волны заряженного пиона, т. е.

$$\beta = m_\pi c/\hbar, \tag{2}$$

где использованы обычные обозначения.

Энергия относительного движения протона и нейтрона в дейтроне при вышеуказанных предположениях выражается в виде

$$E = p^2/2M - V_0 \exp(-\beta r), \tag{3}$$

где $p$ — импульс относительного движения и $M$ — приведенная масса.

Как обычно, на основе соотношения неопределенности принимаем, что

$$p \simeq \hbar/r. \tag{4}$$

Таким образом, из формул (3) и (4) приближенно получим

$$E = \hbar^2/2Mr^2 - V_0 \exp(-\beta r). \tag{5}$$

Для оценки энергии основного состояния надо определить минимум функции (5). Приравнивая $dE/dr$ нулю, получим для нахождения расстояния

$$R = x/\beta, \tag{6}$$

при котором функция (5) имеет минимум, уравнение

$$\hbar^2\beta^2 \exp x/Mx^3 = V_0. \tag{7}$$

Величина $R$ характеризует линейный размер дейтрона в основном состоянии.

Учитывая условие (7), получим из формулы (5) следующую оценку энергии основного состояния дейтрона

$$E' = \hbar^2\beta^2(1/2 - 1/x)/Mx^2. \tag{8}$$

Отсюда видно, что в теоретическом плане вся проблема оценки энергии основного состояния сводится к решению уравнения (7). При этом, так как в связанном состоянии $E' < 0$, надо учесть только решение уравнения (7), удовлетворяющее условию $x < 2$ (другое решение, $x > 2$, дает максимум функции (5)).

Однако на практике обычно поступают иначе, так как параметры потенциала не известны. Исходят из экспериментального значения 2,19 *МэВ* энергии связи дейтрона. Подставляя в формулу (8) $E' = -2{,}19$ *МэВ* и решая полученное кубическое уравнение относительно $x$, находим единственное вещественное значение $x = 1{,}58$. Далее формула (6) дает размер дейтрона $R = 2{,}23 \cdot 10^{-13}$ *см*, а формула (7) — глубину экспоненциальной потенциальной ямы $V_0 = 51{,}1$ *МэВ*.

Полученное значение глубины ямы на 12% меньше значения, найденного из решения уравнения Шредингера с экспоненциальным потенциалом (см., напр., [4]) при тех же исходных значениях $E'$ и $\beta$. Если принять во внимание, что формула (4), лежащая в основе вышеизложенного метода расчета, дает довольно грубую качественную оценку, то результат можно считать вполне удовлетворительным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Серова Ф. Г., Янкина А. А., Сборник задач по теоретической физике. Квантовая механика, статистическая физика, М., «Просвещение», 1979.
2. Сборник задач по квантовой механике (сост. Л. М. Альтшуль, В. Г. Зелевинский и др.), Новосибирск, НГУ, 1974.
3. Brian, W., Amer. J. Phys., **49**, № 2, 185 (1981).
4. Маляров В. В., Основы теории атомного ядра, М., Физматгиз, 1959.

*Тартуский государственный университет*

Поступила в редакцию 30/XI 1981