

Л. ЛАНДАУ и И. Е. ТАММ, член-корреспондент Академии Наук СССР

О ПРОИСХОЖДЕНИИ ЯДЕРНЫХ СИЛ

Как было показано И. Е. Таммом ⁽¹⁾, волновое уравнение для частицы со спином 1 в кулоновом поле обладает существенными отличиями от уравнения для частиц со спином 0 или $1/2$. Именно, решения, соответствующие полным моментам $j \geq 1$ и орбитальным моментам $l = j \pm 1$, обладают в начале координат существенно особой точкой. При этом оказывается, что при малых радиусах-векторах r уравнения принимают вид типа

$$\psi'' + f(r)\psi = 0, \quad (1)$$

где $f \sim e^2/\mu c^2 1/r^3$ (μ — масса частицы).

В действительности надо иметь в виду, что, как показано Л. Ландау ⁽²⁾, применимость уравнений Прока ограничена расстояниями порядка $r_0 = e^2/\mu c^2$. Если принять во внимание, что (1) имеет вид, аналогичный уравнению Шредингера, то качественная картина получающегося движения может быть формально математически описана как движение фиктивной нерелятивистской частицы с массой 1 в потенциальной яме с радиусом r_0 и глубиной

$$u \sim \hbar^2/r_0^2.$$

Известно, что условием существования уровней, соответствующих движению частицы внутри ямы, является

$$u > \frac{\pi^2 \hbar^2}{8r_0^2}.$$

Поскольку в данном случае u как раз порядка \hbar^2/r_0^2 , то а priori невозможно сказать, существуют ли состояния, соответствующие движению, ограниченному областью порядка r_0 . В частности, они могут оказаться возможными только при определенных значениях момента j .

Если отождествить, как это обычно делается, мезотрон с частицей со спином 1 и считать, что нейтрон состоит из протона и отрицательного мезотрона, то на основе вышеизложенного можно предположить, что не существует никакого специфического взаимодействия между протоном и мезотроном, а образование нейтрона является следствием обычного электрического взаимодействия. При такой точке зрения мы должны считать, что в системе протон + отрицательный мезотрон при полном моменте системы, равном $1/2$, и полном моменте мезотрона $j=1$ имеется уровень, соответствующий относительному движению обеих частиц на расстояниях порядка r_0 .

Соответственно этому ядерные силы сводились бы к электрическим силам взаимодействия ядерных частиц через посредство мезотронов и

объяснялись бы специфическими особенностями уравнений движения мезотронов в электрическом поле.

На первый взгляд могло бы показаться, что такое представление о ядерных силах противоречит в значительной степени подтверждающейся опытом симметрии в свойствах нейтрона и протона. В действительности, однако, из того факта, что система протон + отрицательный мезотрон обладает уровнем с энергией связи примерно μc^2 , ввиду возможности образования и аннигиляции мезотронных пар, автоматически следует, что система нейтрон + положительный мезотрон образует протон с выделением примерно той же энергии μc^2 , что можно трактовать, как наличие уровня с такой энергией связи.

Благодаря тому что радиус $e^2/\mu c^2$ протона и нейтрона оказывается в этой теории малым по сравнению с размерами ядра, открывается возможность вычислять ряд эффектов (рассеяние мезотронов ядрами, мезотронный фотоэффект и т. п.), не входя в детальное рассмотрение неизвестного взаимодействия внутри самих нейтронов и протонов [подобно тому, как это делается в теории дейтрона ⁽³⁾].

Институт физических проблем
Академии Наук СССР
Москва

Поступило
19 X 1940

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии Наук СССР
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. Тамм, ДАН, XXIX, № 8—9 (1940). ² Л. Ландау, Journ. of Physics, 2, 485 (1940). ³ Н. Bethe, R. Peierls, Proc. Roy. Soc. A, 148, 146 (1935).