Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 5

ФИЗИКА

А. С. БЕЛОУСОВ, А. В. КУЦЕНКО и Е. И. ТАММ

ФОТОРОЖДЕНИЕ π^0-МЕЗОНОВ НА ДЕЙТЕРИИ

(Представлено академиком В. Н. Кондратьевым 17 II 1955)

Экспериментальное подтверждение гипотезы изотопической инвариантности занимает в последнее время одно из центральных мест в исследованиях взаимодействий мезонов и нуклонов.

Одним из наиболее общих следствий изотопической инвариантности является различие знаков констант взаимодействия протона g_p и нейтрона g_n с нейтральным мезонным полем. Поэтому экспериментальное определение относительного знака констант взаимодействия протона и нейтрона с нейтральным мезонным полем служит непосредственной проверкой изотопической инвариантности.

Процессом, дающим возможность определить относительный знак констант взаимодействия, является фоторождение нейтральных мезонов на дейтонах:

$$\gamma + d \rightarrow \begin{cases} d + \pi^0, & \text{(I)} \\ p + n + \pi^0 & \text{(II)} \end{cases}$$

Основываясь на общих положениях квантовой механики, А. Балдин и В. Михайлов показали [1-3], что сечение процесса (I) сильно зависит от относительного знака g_p и g_n. В случае, когда $g_p = -g_n$, это сечение примерно в 40 раз больше, чем в случае $g_p = g_n$. Кроме того, при $g_p = -g_n$ сечения процессов (I) и (II) сравнимы.

Таким образом, экспериментальная оценка сечения процесса (I) и сравнение сечений процессов (I) и (II) позволяют определить относительный знак g_p и g_n.

Ниже описываются опыты, в которых сравнивались сечения процессов (I) и (II).

Методика и измерения. Схема установки, использованной для сравнения сечений (I) и (II), приведена на рис. 1. Для исследования процессов (I) и (II) необходимо регистрировать совпадения γ-квантов от распада π^0-мезона с продуктом отдачи — дейтоном или протоном. Телескоп, регистрирующий γ-кванты от распада π^0-мезонов, состоит из трех стильбеновых сцинтилляционных счетчиков и является обычным телескопом, применяющимся в аналогичных случаях. Для регистрации сцинтилляций используются фотоумножители ФЭУ-19, которые соединяются с кристаллами посредством световодов, имеющих длину 50 см. Для защиты от рассеянного магнитного поля каждый фотоумножитель защищается двумя железными экранами. Между полюсами магнита помещается форвакуумная камера, внутри которой крепится мишень из LiD и кристалл дейтонного счетчика.

Стильбеновый кристалл дейтонного счетчика имеет толщину 0,5 мм и прикреплен к световоду длиной 10 см, выводящему свет сцинтилляций из камеры к фотоумножителю дейтонного счетчика. Для защиты

от магнитного поля этот фотоумножитель экранируется четырьмя коаксиальными железными экранами. Импульсы фотоумножителей подаются непосредственно на схему совпадений, собранную на германиевых диодах с разрешающим временем $\tau = 10^{-8}$ сек.

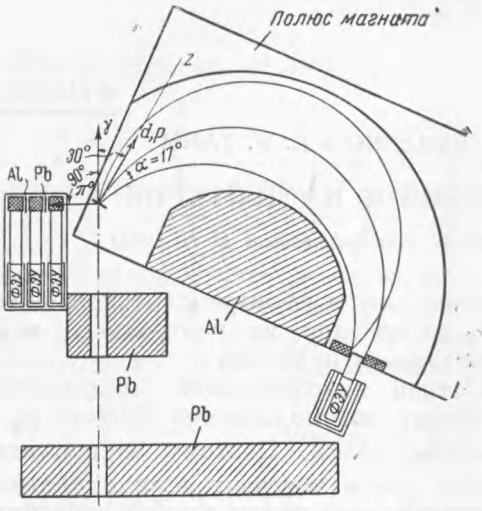


Рис. 1

Положение телескопа, регистрирующего π^0-мезон по одному из γ-квант распада, определяет направление движения π^0-мезона, так как максимум углового распределения γ-квант распада совпадает с направлением движения π^0-мезона.

В работе регистрировались мезоны, вылетающие из мишени под углом $90 \pm 6°$ по отношению к пучку γ-лучей. В качестве источника γ-лучей использовался синхротрон с максимальной энергией 250 Мэв.

Поскольку угол вылета мезона определяет интервал энергий дейтонов отдачи, можно показать, что для мезонного угла $\theta_\mu = 90 \pm 6°$ и спектра тормозного излучения с $E_{max} = 250$ Мэв энергии дейтонов будут лежать в пределах от 11 до 28 Мэв. Такой энергетический интервал соответствует углам вылета дейтонов в пределах от 20 до 40°. Для отделения дейтонов от протонов был применен метод, предложенный В. И. Векслером. Этот метод основан на том, что период обращения заряженной частицы в магнитном поле пропорционален ее массе и практически не зависит от скорости. Использованный в нашей работе магнит обеспечивает поле с напряженностью $H = 8 \cdot 10^3$ эрст. и позволяет регистрировать частицы, движущиеся по полукруговой траектории с радиусом $\rho = 35$ см. При этом времена пролета дейтонов и протонов от мишини до детектора равны, соответственно, $8{,}2 \cdot 10^{-8}$ и $4{,}1 \cdot 10^{-8}$ сек., что позволяет осуществить разделение этих частиц, измеряя запаздывающие совпадения между импульсами γ-телескопа и счетчика тяжелых частиц. Кривая зависимости скорости счета от величины задержки в канале γ-телескопа должна иметь два максимума, соответствующие протонам и дейтонам. По величине этих максимумов можно судить об относительном выходе реакций (I) и (II).

Благодаря полукруговой фокусировке в магнитном поле на детектор фокусируются дейтоны и протоны, вылетающие из мишени в пределах от 13 до 47°, при этом разброс времени пролета составляет для дейтонов $\pm 1{,}6 \cdot 10^{-8}$ сек., а для протонов $0{,}82 \cdot 10^{-8}$ сек. За счет фокусировки по энергиям на детектор попадают дейтоны с энергией $2 \pm 0{,}16$ Мэв и протоны $4 \pm 0{,}32$ Мэв. В наших опытах толщина мишени превышает пробег дейтонов отдачи, имеющих максимальную энергию 30 Мэв, поэтому энергетический спектр дейтонов, выходящих из мишени, простирается от 0 до 30 Мэв.

Основная трудность эксперимента заключается в малой величине эффекта при наличии сильного фона γ-квант и легких заряженных частиц. Для снижения фона случайных совпадений осуществлялась «растяжка» импульса интенсивности синхротрона до 3000 μсек. Для работы выбиралась такая интенсивность пучка γ-лучей, при которой число отсчетов, зарегистрированных установкой, отнесенных к еди-

нице интенсивности, не зависит от скорости счета мониторной камеры.

Для оценки величины фона случайных совпадений в течение каждого сеанса измерения проводились попеременно с открытым кристаллом дейтонного счетчика и с кристаллом, закрытым шторкой, поглощающей только тяжелые частицы. Чтобы убедиться в том, что установка регистрирует мезонные эффекты, максимальная энергия пучка снижалась до 150 Мэв, при этом скорость счета падала до нуля.

Результаты

На рис. 2 приведены результаты измерений. Наличие дейтонного максимума, сравнимого по величине с протонным, означает, что сечение процесса (I) соответствует случаю $g_p = -g_n$. Аналогичные результаты были получены другим методом Девайром, Сильверманом и Вольфом [4].

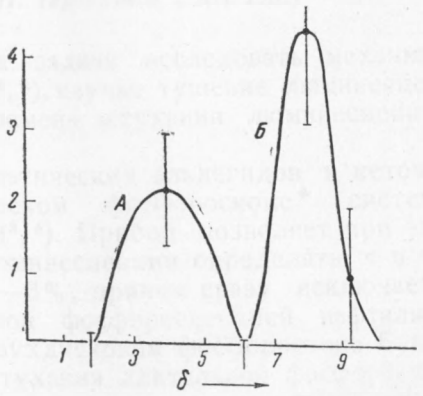


Рис. 2. Результаты, полученные на мишени LiD. *А* — протоны, *Б* — дейтоны. По оси ординат — разность отсчетов, полученных с открытой и закрытой шторкой, приведенная к 10 000 отсчетов монитора; δ — задержка в канале дейтонного счетчика

В заключение необходимо отметить, что увеличение числа дейтонов за счет образования π^0-мезонов на Li пренебрежимо мало, так как отсутствует компланарность траекторий образующихся в этом случае частиц. При этом установка будет иметь малую эффективность регистрации из-за отсутствия фокусировки в плоскости, параллельной магнитному полю*.

К процессу (II) это замечание не относится, так как можно показать, что отклонение от компланарности в этом процессе будет незначительным из-за слабой связи нуклонов в дейтоне. Кроме того, эффективная толщина мишени для протонов много больше, чем для дейтонов. Благодаря этому эффективность регистрации процессов (I) и (II) примерно одинакова.

Таким образом, можно считать, что результаты данной работы и работы [4], выполненных различными методами и для различных энергий первичных γ-лучей, доказывают, что константы связи нейтрона и протона с нейтральным мезонным полем имеют противоположный знак, что согласуется с гипотезой изотопической инвариантности.

В заключение пользуемся случаем выразить признательность В. И. Векслеру и П. А. Черенкову за постоянное внимание к данной работе и А. М. Балдину за ценные советы.

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР

Поступило
17 II 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. В. Михайлов, А. М. Балдин, ДАН, 84, 47 (1952). [2] А. Балдин, В. Михайлов, ДАН, 91, 479 (1953). [3] А. Балдин, ДАН, 96, 949 (1954). [4] J. W. Dewire, A. Silverman, B. Wolfe, Phys. Rev., 92, 520 (1953).

* Продленные впоследствии измерения полностью подтвердили предположение о том, что вклад от Li пренебрежимо мал.