

83
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория ядерных проблем

P-412

Е.Л. Григорьев, Н.А. Митин

УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ
ПРОТОНАМИ P^+ - МЕЗОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 390 МЭВ

ж.ЭТФ, 1959, т.37, в.6, с.1583-1586.

Дубна 1959 год

Е.Л. Григорьев, Н.А. Митин

483/4

УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ
ПРОТОНАМИ π^+ -МЕЗОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 390 МЭВ

Исследования
БИБЛИОТЕКА

А н н о т а ц и я

С помощью ядерных фотоэмульсий измерялось угловое распределение π^+ -мезонов с энергией 380 ± 25 Мэв, упруго рассеянных на водороде. Дифференциальное сечение рассеяния удовлетворяется выражением

$$\frac{d\sigma(\vartheta)}{d\Omega(\vartheta)} = [1,12 \pm 0,22 + 1/4,27 \pm 0,84 / \cos \vartheta + 1/4,68 \pm 1,08 / \cos^2 \vartheta] / 10^{-27} \frac{\text{см}^2}{\text{стерад}} .$$

Фазовые сдвиги решения Ферми, найденные в предположении участия в рассеянии только S и P состояний, равны $\alpha_s = -34^\circ$; $\alpha_{s3} = 151^\circ$; $\alpha_{s1} = -16^\circ$.

Экспериментальное исследование упругого рассеяния протонами положительных π -мезонов показало, что вплоть до высоких энергий 300 Мэв основной вклад в рассеяние вносят S и P -состояния. До недавнего времени ни один из экспериментов не давал возможности сделать совершенно определенные заключения о вкладе в рассеяние более высоких состояний, хотя и предпринимались попытки проводить фазовый анализ с учетом D -состояний^{1,2/}. Неудачи этих попыток уже сами по себе, по-видимому, говорили о малом вкладе в рассеяние D -состояний, поскольку при относительно малых, по сравнению с S и P -состояниями, фазовых сдвигах D -состояний, обнаружить их наличие при анализе угловых распределений весьма затруднительно. Можно ожидать, что при более высоких энергиях вклад D -состояний должен проявиться более отчетливо; в этой связи представляет известный интерес область энергий мезонов 300-400 Мэв, изученная пока еще недостаточно подробно.

В настоящей работе с помощью ядерных фотоэмульсий измерялось угловое распределение π^+ -мезонов с энергией 390 ± 25 Мэв, упруго рассеянных на водороде, содержащемся в фотоэмульсии. Измерения были выполнены на фотопластинках НИКФИ-Р с толщиной слоя эмульсии 400 микрон. Облучение фотоэмульсий производилось в условиях, которые описаны в более ранних работах^{1/}. Энергия π -мезонов задавалась магнитным мезонным спектрометром, в также определялась с помощью измерения энергий протонов отдачи от упругого π^+p -рассеяния, остановившихся в фотоэмульсии. Эти дополняющие друг друга способы определения энергии дали близко совпадающие значения начальной энергии мезонов. Для торможения протонов, идущих в пучке π^+ -мезонов, перед фотопластинками ставился бериллиевый фильтр.

Поиски случаев рассеяния производились методом просмотра фотопластинок по площади на микроскопах с общим увеличением 630х. Значительная часть площади фотоэмульсий была просмотрена вторично при том же увеличении. Для идентификации актов упругого рассеяния π -мезонов на водороде использовались обычные кинематические критерии: угловая корреляция между рассеянным мезоном и протоном отдачи и компланарность. В том случае, когда протон отдачи останавливался в фотоэмульсии, налагалось естественное требование, чтобы его энергия была равна расчетной. Результаты измерений приведены в таблице.

Т а б л и ц а

Дифференциальные сечения рассеяния протонами π^+ -мезонов с энергией 390 ± 25 Мэв

Интервалы углов рассеяния мезонов в град.	Число зарегистр. случаев рассеяния	Исправленное число случаев рассеяния	Дифференциальные сечения $\frac{d\sigma}{d\Omega}(\vartheta) 10^{-27} \text{ см}^2/\text{стерад}$
$10^\circ - 30^\circ$	32	40	$9,35 \pm 1,34$
$30^\circ - 50^\circ$	51	62	$7,72 \pm 0,91$
$50^\circ - 70^\circ$	48	48	$4,58 \pm 0,65$
$70^\circ - 90^\circ$	21	21	$1,78 \pm 0,38$
$90^\circ - 110^\circ$	5	7	$0,57 \pm 0,20$
$110^\circ - 130^\circ$	4	6	$0,56 \pm 0,21$
$130^\circ - 150^\circ$	5	6	$0,82 \pm 0,30$
$150^\circ - 170^\circ$	1	2	$0,52 \pm 0,33$

Всего : 167 192

Поскольку эффективность регистрации случаев рассеяния для разных угловых интервалов $\vartheta_{ч.и.}$ различно зависит от азимутального угла φ , были введены соответствующие поправки; результаты измерений, исправленные на эффективность регистрации представлены в третьем столбце таблицы. Дифференциальные сечения нормировались на величину полного сечения, равную $34 \text{ мб}^{1/3}$. Ошибки в дифференциальных сечениях являются стандартными статистическими отклонениями.

Представляя экспериментальные результаты в виде разложения в ряд по степени $\text{Cos } \vartheta$, можно вполне удовлетворительно описать дифференциальное сечение рассеяния выражением:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\vartheta) = 1,12 \pm 0,22 + 4,27 \pm 0,84 / \text{Cos } \vartheta + 4,68 \pm 1,08 / \text{Cos}^2 \vartheta \cdot 10^{-27} \frac{\text{см}^2}{\text{стерад}},$$

которому соответствует на рисунке сплошная кривая.

Фазовый анализ рассеяния, выполненный в предположении участия в рассеянии только S и P - состояний, привел к следующим наборам фазовых сдвигов:

$$/1/ \quad \alpha_3 = -34^\circ; \quad \alpha_{33} = 151^\circ; \quad \alpha_{31} = -16^\circ;$$

$$/2/ \quad \alpha_3 = -34^\circ; \quad \alpha_{33} = 180^\circ; \quad \alpha_{31} = -33^\circ,$$

один из которых соответствует решению Ферми, другой - Янга. При высоких энергиях, как это уже видно из указанных наборов, решения Ферми и Янга становятся близкими друг к другу. Для того, чтобы определить, какой из наборов соответствует решению Ферми, справедливость которого в настоящее время не вызывает сомнений, необходим дополнительный анализ, основанный на аналитическом продолжении фазовых сдвигов α_{33} и α_{31} , полученных при меньших энергиях, в область более высоких энергий.

Аппроксимация фазовых сдвигов α_{33} и α_{31} в случае SP - анализа от энергий 270-360 Мэв^{1,2/} к энергии 380 Мэв указывает, что фермиевскому решению соответствует набор /1/.

Величина $M = \sum \left[\frac{f(\alpha, \vartheta_i) - G(\vartheta_i)}{\Delta G(\vartheta_i)} \right]^2$, характеризующая степень отклонения дифференциального сечения $f(\alpha, \vartheta)$, вычисленного на основании фазовых сдвигов, от дифференциального сечения $G(\vartheta_i)$, полученного в эксперименте, равна в данном случае 9,8. По сравнению с ожидаемым значением $M = 5$, которое равно разности между числом экспериментальных точек и числом свободных параметров, величина 9,8 слишком велика, она превосходит ожидаемое значение почти вдвое. Однако большая величина M обусловлена, в основном, последней точкой в интервале углов $150^\circ - 170^\circ$, где статистика очень бедна: с учетом поправки на эффективность для этого интервала углов в таблице указаны два случая, в то время как при просмотре был зарегистрирован всего лишь один случай рассеяния. Безусловно, что эта точка может содержать в себе некоторую трудно учитываемую неопределенность. Вследствие этого нам представлялось целесообразным при анализе результатов последний интервал углов $150^\circ - 170^\circ$ из рассмотрения исключить. В этом случае величина M , соответствующая приведенному фазовому набору, равна 4,3 и близка к ожидаемому значению, равному 4. Таким образом, предположение об участии в рассеянии только S и P -состояний может вполне удовлетворительно объяснить полу-

ченны в настоящей работе экспериментальные результаты, т.е. с точки зрения объективных критериев, по-видимому, нет ощутимой необходимости анализировать полученные данные в предположении, что в рассеянии помимо S и P состояний участвуют также и D -состояния. Это обстоятельство отмечалось нами ранее также и для $\tilde{\pi}^+$ -мезонов с энергией 360 Мэв^{11/}. Надо заметить, что анализируя угловые распределения, в условиях ограниченной статистической точности измерений трудно сделать какие-либо строгие количественные заключения о фазовых сдвигах D -состояний, если даже анализ с участием D -состояний лучше /это практически всегда так/ описывает экспериментальные результаты. Эти трудности особенно серьезно возрастают в случае малых величины фазовых сдвигов D -состояний, поскольку в области больших углов рассеяния мезонов / $\vartheta > 90^\circ$ /, которые наиболее чувствительны к D -состояниям, статистическая точность получается недостаточной: подавляющая часть мезонов, как это хорошо иллюстрируется данными таблицы, рассеивается вперед в область углов меньше 90° .

Наиболее эффективным и чувствительным путем для определения вклада в рассеяние D и других более высоких состояний является изучение поляризации протонов отдачи. Проведенное нами экспериментальное исследование поляризации протонов отдачи при энергии $\tilde{\pi}^+$ -мезонов 307 Мэв^{14/} определенно показало, что фазовые сдвиги D -состояний при энергии 307 Мэв малы и не превышают по своей величине нескольких градусов. Основываясь на этих данных по поляризации протонов отдачи и совокупности с данными об угловых распределениях $\tilde{\pi}^+$ -мезонов в упругом $\tilde{\pi}^+-p$ -рассеянии при энергиях 360 и 390 Мэв, можно утверждать, что фазовые сдвиги D -состояний малы вплоть до энергий 400 Мэв.

Результаты, полученные при исследовании упругого $\tilde{\pi}^+-p$ -рассеяния при энергии 390 Мэв, дают также возможность подтвердить сделанный в нашей работе^{14/} вывод о том, что изменение фазового сдвига α_s в зависимости от импульса мезонов в системе центра инерции ϱ при энергиях выше 200 Мэв не удовлетворяет линейной зависимости $\alpha_s = -8,3^\circ \varrho$ ^{15/}, которая вполне удовлетворительно описывает изменение α_s в области энергий до 200 Мэв. Значение $\alpha_s = -34^\circ$ при энергии 390 Мэв по своей абсолютной величине существенно больше, чем это следует из зависимости $\alpha_s = -8,3^\circ \varrho = -16^\circ$.

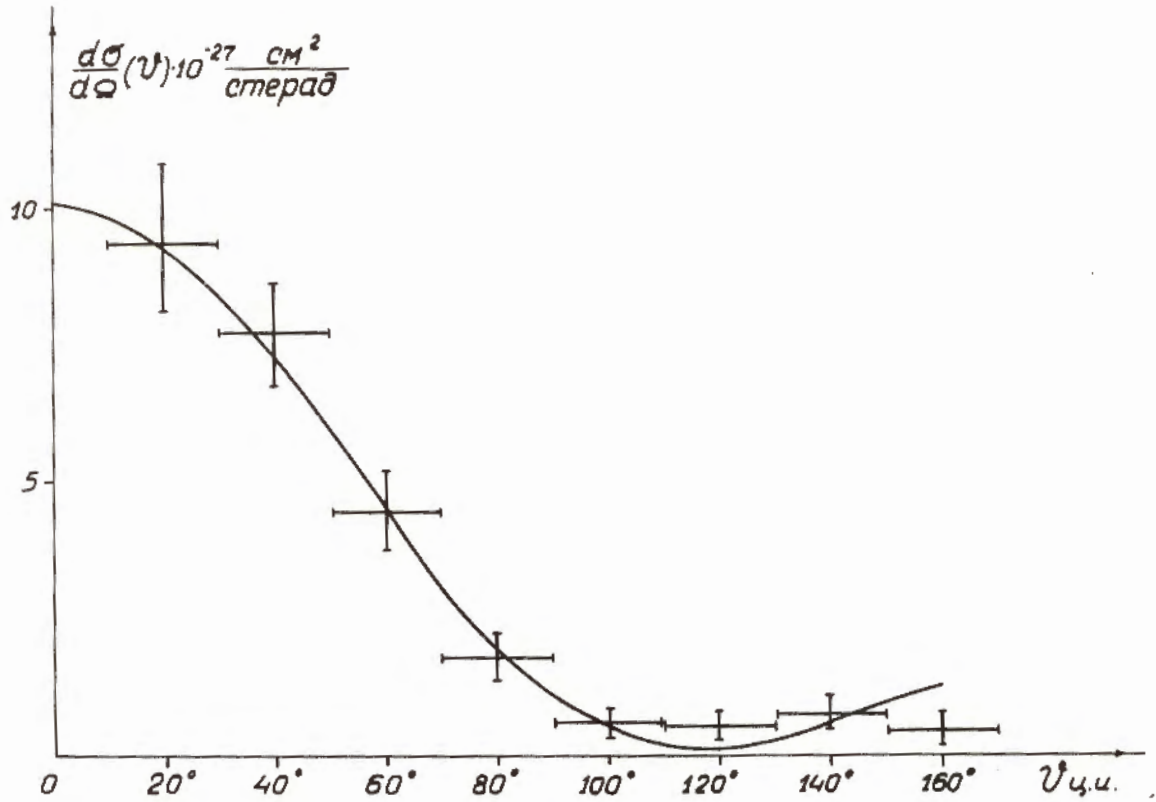
На основе приведенного выше фазового набора можно вычислить величину действительной части амплитуды рассеяния вперед \mathfrak{A}_+ , которая оказывается равной $-1,29 \cdot 10^{-13}$ см. Сравнивая ее с величиной $\mathfrak{A}_+ = 1,35 \cdot 10^{-13}$ см, рассчитанной на основе условий причинности при величине константы связи мезон-нуклонного рассеяния $f^2 = 0,08$, можно отметить хорошее согласие между этими двумя значениями амплитуд.

Мы выражаем благодарность Л.Б.Парфенову за помощь при облучении фотопластинок.

Рукопись поступила в издательский отдел 1 октября 1959 года.

Л и т е р а т у р а

1. Е.Л.Григорьев, Н.А.Митин. ЖЭТФ, 31, 37, 1956, ЖЭТФ, 32, 440, 1957.
2. А.И.Мухин, Б.Понтекорво, ЖЭТФ, 31, 550, 1956.
3. А.Е.Игнатенко, А.И.Мухин, Е.Б.Озеров, Б.М.Понтекорво, ДАН СССР, 103, 209, 1955.
4. Е.Л.Григорьев, Н.А.Митин. ЖЭТФ, 37, 413, 1959.
5. J.Orear, Phys.Rev. 96, 176, 1954.



483/4

Рис. 1. Угловое распределение K^+ -мезонов с энергией 390 Мэв, рассеянных на водороде. Сплошная кривая - распределение вида

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(V) = 1,12 + 4,27 \cos V + 4,88 \cos^2 V / 10^{-27} \text{ см}^2 / \text{стерад}.$$