

СЗ46

В-17

+

Ван Ган-чан, Ивановская И.А., Сапгир Ф.М.

Угругое рассейние  $P^+$ - мезонов с энергией 275 Мэв  
и 247 Мэв на претонах.

Отчет

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

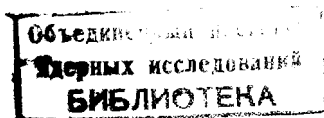
СЗ46  
В-17

Ван Ган-чан, Ивановская И.А., Сапгир Ф.М.

О Т Ч Е Т

Упругое рассеяние  $\pi^+$ - мезонов с энергией 275 Мэв  
и 247 Мэв на протонах.

и-28219



г. Дубна, 1958 г.

# УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ $\pi$ + МЕЗОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 276 МэВ

## И 247 МэВ НА ПРОТОНАХ.

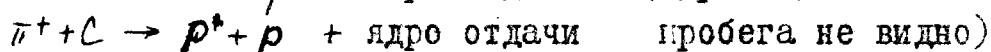
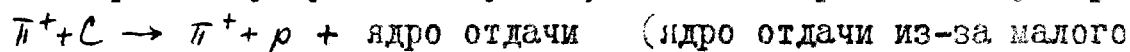
Ван Ган-чан, Ивановская И.А., Салгир Ф.М.

В настоящей работе с помощью пузырьковой пропановой камеры были измерены полные и ~~дифференциальные~~ дифференциальные сечения упругого рассеяния  $\pi$  + мезонов с энергией 276 МэВ и 247 МэВ на водороде.

Для работы были использованы пленки, полученные Ван-Цу-цзен, Дин Да-цао, Кладницкий и Соловьевым в пузырьковой пропановой камере, конструкция которой описана в отчете ЛВЭ <sup>1</sup>.

Облучение камеры  $\pi$ + мезонами производилось на синхроциклотроне Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Описание установки и ~~схема~~ опыта приводятся в отчете ЛВЭ за 1957 г.<sup>2</sup>

Среди двухлучевых случаев, включающих реакции с углеродом:



и с водородом



выбирались случаи упругого рассеяния на водороде.

Критериями упругого рассеяния на водороде служили:

1. Угловая корреляция между рассеянным мезоном и протоном отдачи с точностью до  $2^\circ$ .

2. Компланарность следов падающего мезона, протона отдачи и рассеянного мезона с точностью до  $3^\circ$ .

3. Соответствие длины следа протона отдачи с расчетным значением с точностью до 1-2мм в тех случаях, когда протон останавливается в камере.

Отбор случаев производился путем просмотра пленки на стереолупе и промера на универсальном микроскопе УИМ-21.

Система координат была выбрана так, чтобы ось  $\times$  совпа-

1) Соловьев М.И., Кладницкая Е.Н. и Смирнов И.А. Отчет ЛВЭ 1956г.

2) Ван Ган-чан, Ван Цу-цзен, Дин Да-цао, Л.Н.Дубровский, Е.Н. Кладницкая, М.И. Соловьев. Отчет ЛВЭ 1957 г.

дала с оптической осью одного из объективов фотоаппарата, а ось  $x$  была параллельна базе фотографирования. За начало координат была принята точка пересечения оптической оси с нижней поверхностью верхнего стекла камеры. На этой поверхности находился уголок  $S$ , служивший репером при измерении. Пучок  $\Pi$ -мезонов был направлен вдоль оси  $y$ .

На микроскопе измерялись координаты  $x$  и  $y$  в плоскости пленки на левом и правом снимках для точки взаимодействия  $0$ , точек  $a, b, c$  на следах падающего  $\Pi$ -мезона, рассеянного  $\Pi$ -мезона и протона отдачи, а также координаты вершины реперного угла  $S$ :  $x_s$  и  $y_s$  (рис. 1).

Установка пленки производилась так, чтобы координаты  $Y$  лев. и  $Y$  прав. для точки взаимодействия совпадали (При этом они почти совпадают и для всех других точек).

Расчет производился по следующим формулам:

$$x_i = x_{ii} - x_{is} + a \quad a = 8,859$$

$$y_i = y_{ii} - y_{is} - b \quad b = 3,299$$

$$p_i = x_{ii} - \frac{z_{ii}}{f} - B \quad B = 120,0$$

где  $x_i$  и  $y_i$  - координаты соответствующих точек на пленке относительно главной точки кадра (т.е. точки пересечения оптической оси с плоскостью пленки)

$a$  и  $b$  - координаты вершины  $S$  реперного угла относительно главной точки

$p_i$  - параллакс точки

$B$  - база фотографирования

Координаты в пространстве объекта находятся по формулам

$$X_i = \frac{B}{\rho_i} x_i \quad Y_i = \frac{B}{\rho_i} y_i \quad Z = \left( \frac{B}{\rho_i} - H \right) n_{np}$$

где  $\rho$  - расстояние от глазной точки объектива до пленки

$H$  - расстояние от глазной точки объектива до начала координат (с учетом показателя преломления верхнего стекла камеры и стекла перед пленкой)

$n_{np}$  - показатель преломления пропана

По найденным координатам вычислялись углы  $\theta$ ,  $\delta$  и  $\gamma$

$\theta$  - угол, образованный следом вторичной частицы со следом падающего мезона.

$$\cos \theta_i = \cos \xi_a \cos \xi_i + \cos \eta_a \cos \eta_i + \cos \zeta_a \cos \zeta_i$$

$\cos \xi_a, \cos \eta_a, \cos \zeta_a$  - направляющие косинусы следа падающего

$\Pi$  - мезона

$\cos \xi_i, \cos \eta_i, \cos \zeta_i$  - направляющие косинусы рассматриваемого следа

(  $i = a$  и  $b$  )

$\gamma$  - угол, образованный следом падающего мезона с плоскостью

XV.

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{z_0 - z_a}{y_0 - y_a}$$

$\gamma$  - угол между плоскостью, проходящей через первичный след и параллельной оси X, и плоскостью, проходящей через первичный и один из вторичных следов

$$\sin \gamma_i = \frac{(z_i - z_0) \cos \gamma - (y_i - y_0) \sin \gamma}{L_{ci} \sin \theta_i}$$

$L_{ci}$  - длина следа

$$L_{ci} = \sqrt{(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2}$$

Если следы падающего  $\Pi$  - мезона, рассеянного  $\Pi$ -мезона и протона отдачи компланарны, то  $\gamma_i = -\gamma_0$

Всего было найдено 208 случаев упругого рассеяния среди 324 двухлучевых случаев при полном количестве входящих в камеру  $\Pi$ -мезонов - 4994.

При подсчете полного числа  $\Pi$ -мезонов, входящих в камеру, 6% было отброшено на примесь  $\mu$ -мезонов. Кроме того, были отброшены первичные следы, отклоненные от основного направления пучка больше, чем на  $10^\circ$ . Число следов, отклоненных на угол  $> 10^\circ$  в плоскости  $XU$ , подсчитывалось непосредственно, а число следов, отклоненных на угол  $> 10^\circ$  в плоскости  $YZ$ , принималось равным числу следов, отклоненных в плоскости  $XU$ , вследствие симметричности пучка. (Симметричности пучка была проверена по мезонам, вызвавшим в камере взаимодействие, для которых измерялось как отклонение в плоскости  $XU$ , так и отклонение в плоскости  $YZ$ , угол  $\delta$ ). Всего число следов, отклоненных от основного направления пучка на угол  $> 10^\circ$ , составило  $\sim 10\%$ .

Полное сечение упругого рассеяния  $\Pi$ -мезонов на протонах определялось по формуле:

$$\sigma = \frac{1}{n\bar{l}}, \text{ где } n - \text{число атомов водорода в } 1 \text{ см}^3 \text{ объема камеры } (n = 3,72 \cdot 10^{22})$$

$\bar{l}$  - средняя длина пробега  $\Pi$ -мезона, определяемая из соотношения:

$$\bar{l} = \frac{N\bar{l}}{N_{\text{уп}}}$$

где  $N$  - полное число входящих  $\Pi$ -мезонов

$\bar{l}$  - эффективная длина камеры

$N_{\text{уп}}$  - число случаев упругого рассеяния

Отсюда

$$\sigma = \frac{N_{\text{уп}}}{Nn\bar{l}}$$

Для нахождения эффективной длины камеры было построено распределение координат точек взаимодействия вдоль оси  $U$

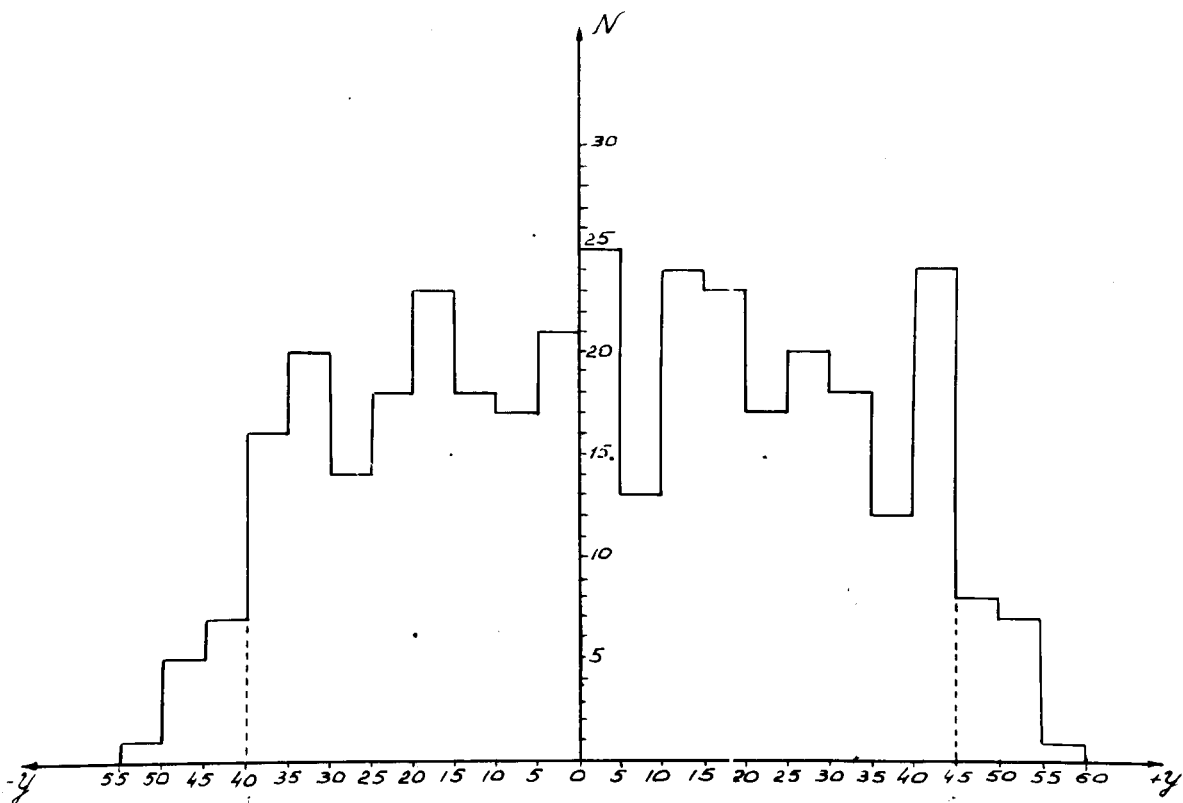


Рис. 2

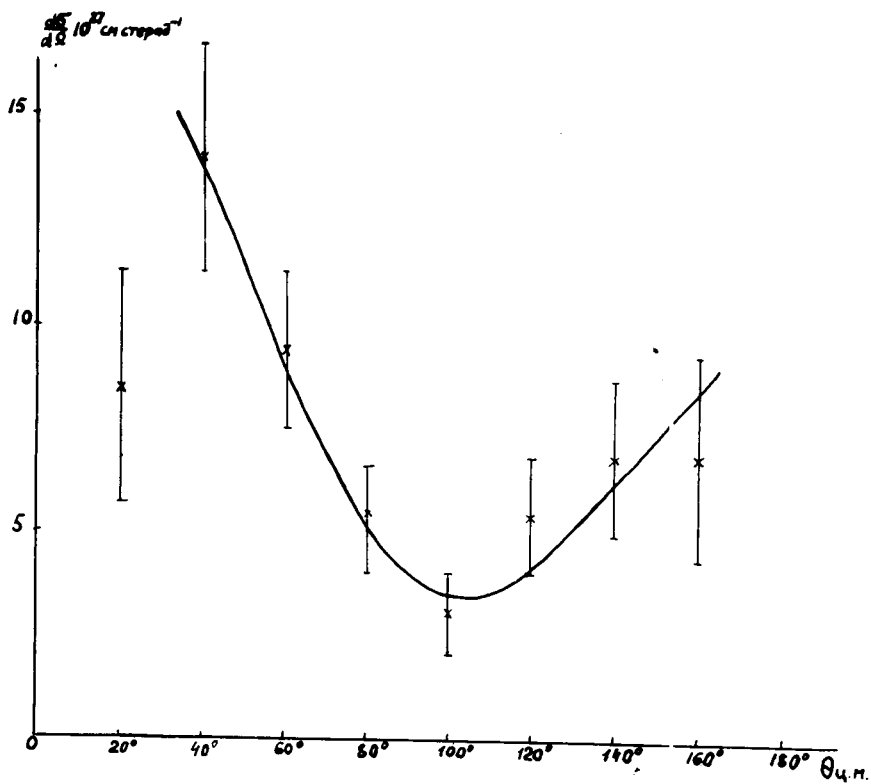


Рис. 3.

(рис.2). Из графика видно, что на краях камеры количество случаев взаимодействия уменьшается.

За эффективную длину камеры было принято расстояние от  $Y = -40$  до  $Y = 45$  ( $L = 8,5$  см), на котором количество случаев на единицу длины было одинаковым.

Случаи, у которых точка взаимодействия находилась вне эффективной области были отброшены как при расчете полного сечения, так и при расчете дифференциальных сечений, так как на краях камеры не все углы регистрируются с одинаковой вероятностью и это может внести искажение в угловое распределение.

В таблице № I приведено общее количество  $\Pi$  - мезонов, проходящих через камеру, и количество случаев упругого рассеяния по пленкам, а также получающееся по этим данным полное сечение упругого рассеяния.

Таблица № 1

№ пленки	Общее кол-во $\Pi$ -мезонов	Энергия $\Pi$ -мезонов в Мэв.	Полное к-во случаев упругого рассеяния	К-во случаев упругого рассеяния в эффективной области.	Сечение упругого рассеяния $\sigma \times 10^{27}$ см <sup>2</sup> .
6	1886	273	71	70	$92,5 \pm 12,5$
7	330	273	20	16	$120,8 \pm 32,1$
10	384	275	19	12	$77,9 \pm 23,8$
11	383	283,5	13	10	$65,1 \pm 21,6$
12	263	283,5	12	11	$104,2 \pm 33,0$
13	679	283,5	22	17	$62,4 \pm 16,1$
Всего	3925	$\bar{E} = 275 \text{ Мэв}$	157	136	$86,4 \pm 8,8$
8	410	247	19	19	$115,5 \pm 30,0$
9	659	247	32	30	$113,5 \pm 24,3$
Всего	1069	$\bar{E} = 247 \text{ Мэв}$	51	49	$114,2 \pm 18,1$



Как видно из таблицы № 1 сечение упругого рассеяния для  $\pi$ - мезонов со средней энергией  $\bar{E} = 275$  Мэв составляет  $(86,4 \pm 8,8) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2$ , а для  $\pi$ -мезонов с энергией  $\bar{E} = 247$  Мэв -  $\sigma = (114,2 \pm 18,1) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2$ .

Следует отметить, однако, что часть случаев упругого рассеяния на углы  $\lesssim 15^\circ$  ( $< 20^\circ$  в системе центра масс) была нами потеряна вследствие того, что при таких углах рассеяния пробег протона отдачи составляет  $\approx 1$  мм, и эти случаи трудно отличать от однолучевых случаев, представляющих собой рассеяние на углероде. Число потерянных случаев можно оценить, исходя из полученного нами углового распределения (рис. 3). Оно составляет  $\sim 12$  случаев для  $\pi$ -мезонов с  $\bar{E} = 275$  Мэв и  $\sim 4$  случаев для  $\pi$ -мезонов с  $\bar{E} = 247$  Мэв ( Угловое распределение для  $\pi$ -мезонов с  $\bar{E} = 247$  Мэв не приводится из-за малой статической точности).

С учетом этой поправки мы получаем для  $\pi$ -мезонов с  $\bar{E} = 275$  Мэв полное сечение упругого рассеяния  $\sigma = 94,0 \pm 9,2$ , а для  $\pi$ -мезонов с  $\bar{E} = 247$  Мэв сечение  $\sigma = 123,3 \pm 20,8$ . Эти значения хорошо согласуются с результатами полученными другими авторами и приведенными в обзорной статье Баркова и Никольского (УФН, 61, 341, 1957).

В таблице № 2 и на рис. 3 приведены дифференциальные сечения упругого рассеяния  $\pi$ -мезонов с  $\bar{E} = 275$  Мэв.

Таблица № 2

Угловой интервал в системе центра масс	Число случаев упругого рассеяния	Число случаев упругого рассеяния в единицу телесного угла $d\Omega$	$\frac{d\sigma}{d\Omega} \cdot 10^{27} \frac{\text{см}^2}{\text{эрг}}$
10 - 30	10	13,4	$8,5 \pm 2,8$
30- 50	31	22,1	$14,0 \pm 2,7$
50 - 70	28	14,8	$9,4 \pm 1,9$
70 - 90	16	8,4	$5,3 \pm 1,3$
90 - 110	10	4,65	$3,0 \pm 1,0$
110-130	16	8,5	$5,4 \pm 1,4$
130- 150	15	10,7	$6,8 \pm 1,9$
150- 170	8	10,7	$6,8 \pm 2,5$

Если предположить, что основную роль при рассеянии играют только  $S$  и  $P$  - состояния, то зависимость дифференциального сечения от угла можно представить в следующем виде:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = A + B \cos\theta + C \cos^2\theta$$

Коэффициенты  $A$ ,  $B$  и  $C$  были вычислены по экспериментальным данным методом наименьших квадратов:  $A = 3,98 \pm 0,38$ ,  $B = 4,93 \pm 0,94$ ,  $C = 10,21 \pm 1,64$ .

Кривая на рис. 3 вычислена по формуле:

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = (3,98 + 4,93 \cos\theta + 10,21 \cos^2\theta) \cdot 10^{-27} \frac{\text{см}^2}{\text{эрг}}$$

Она довольно хорошо описывает ход дифференциального сечения. Таким образом, наши данные подтверждают вывод о том, что при энергии  $\approx 300$  Мэв рассеяние  $\Pi^+$  мезонов на протонах может быть удовлетворительно объяснено в предположении, что в рассеянии принимают участие только  $S$  и  $P$  -состояния. Невысокая статистическая точность не позволяет оценить вклад в рассеяние  $D$  - состояния.

Таблица 3.

Угловой интервал /градусов/	Число случаев
0-20	26
20-40	20
40-60	22
60-80	22
80-100	18
100-120	23
120-140	26
140-160	26
160-180	25

В таблице № 3 приведено распределение случаев упругого рассеяния по углу  $\varphi$ . Как и следовало ожидать, распределение получилось в пределах статистических ошибок изотропным.

Авторы выражают благодарность Соловьеву М.И., Кладницкой Е.Н. Ван Цу-цзэну, Дин-Да-цао за предоставленный для обработки материал и группе лаборантов: Харьковой, Ставинской, Жуковой, Радиной за помощь в обработке результатов.