

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ԻՆՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳՐԱԿԱՆ ԶԱՂՈՐԴՈՒՄ ՆԱՇՐԱԿ

НАУЧНОЕ СООБЩЕНИЕ

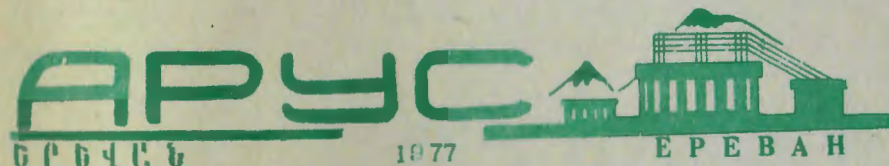
ЕФИ- 211(3)-77

Н.Մ.ԱԳԱԲԱԲՅԱՆ, Մ.Ր.ԱՏԱՅԱՆ, Շ.ՎԱԼԿԱՐ՝ ՅՈՒ.Ա.ԲՈՒԴԱԳՈՎ,

Վ.Ա.ԳՐԻԳՐՅԱՆ, Ն.Դ.ԳՐԻԳՐՅԱՆ, Դ.Ր.ԳՍԼԿԱՆՅԱՆ,
Ա.Ր.ԿԱՆԵՑՅԱՆ, Զ.Կ.ԿԱՐԱՄՅԱՆ, Զ.Ա.ԿԻՐԱԿՕՏՅԱՆ,
Լ.Ս.ԿԻՏԻՆԵՎՍԿԱՅԱ, Տ.Ա.ԿՈՐՇԱԳԻՆ, ՅՈՒ.Փ.ԼՈՄԱԿԻՆ

Ե.Մ.ՄԿՐՏՇՅԱՆ, Վ.Բ.ՓԼՅԱԿԻՆ, ՅՈՒ.Ն.ՃԱՐՋԵԵՎ

ՕՓՐԵԴԵԼԵՆԻԵ ՍՈԼՆՈԳ ՏԵՇԵՆԻԱ
ՎՅԱԻՄՈԴԵՅՏՎԻԱ Մ⁺-ՄԵՅՈՆՈՎ Տ ՅԴՐԱՄԻ
ՍԴԼԵՐՈԴԱ ՍՐԻ ԻՄՍՍԼՅԵ 4,9 ԴՅՎ/Տ



ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

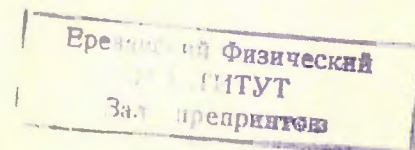
Научное сообщение ЕФИ- 211(3)-77

Н.М.АГАБАБЯН, М.Р.АТАЯН, Ш.ВАЛКАР^{ж)}, Ю.А.БУДАГОВ^{ж)}
В.А.ГРИГОРЯН, Н.Г.ГРИГОРЯН, Г.Р.ГУЛКАНЯН,
А.Р.КАНЕЦЯН, Ж.К.КАРАМЯН, З.А.КИРАКОСЯН,^{ж)}
Л.П.КИШИНЕВСКАЯ, С.А.КОРЧАГИН, Ю.Ф.ЛОМАКИН^{ж)}
Е.М.МКРТЧЯН, В.Б.ФЛЯГИН^{ж)}, Ю.Н.ХАРЖЕЕВ^{ж)}

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛНОГО СЕЧЕНИЯ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ π^- -МЕЗОНОВ С ЯДРАМИ
УГЛЕРОДА ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4,9 ГЭВ/С

ж) Объединенный институт ядерных исследований

Ереван 1977



Данные по полному сечению взаимодействия π^- -мезонов с ядрами углерода при энергиях выше 2 Гэв весьма неполны. Имеющиеся экспериментальные данные большей частью противоречат друг другу и не согласуются с теоретическими предсказаниями [1] (см. рисунок).

В настоящей работе представлены результаты измерения полного сечения взаимодействия π^- -мезонов с ядрами углерода при импульсе налетающих мезонов $P = 4,9$ Гэв/с. Полученные данные основаны на результатах просмотра примерно 3500 снимков с метровой пропановой пузырьковой камеры [3] ЛЯП ОИЯИ, облученной π^- -мезонами с импульсом $(4,9 \pm 0,1)$ Гэв/с. При просмотре в эффективном объеме камеры со средней длиной $l_k = 75,5$ см было прослежено 18782 пучковых трека и зарегистрировано 5292 акта взаимодействия π^- -мезонов в пропане, в том числе - 430 однолучевых событий и $N = 4862$ события, не принадлежащих к однолучевым; средняя эффективность регистрации событий последнего типа составляла $\bar{\epsilon} = 0,97 \pm 0,01$.

Одним из основных источников погрешности измерения полного сечения в пузырьковой камере является низкая эффективность регистрации однолучевых событий с малым углом рассеяния. Учитывая это обстоятельство, нами был проведен специальный повторный просмотр примерно половины снимков на предмет поиска однолуче-

вых взаимодействий. Было повторно прослежено 8477 первичных треков и зарегистрировано $N_1 = 284$ однолучевых события. Эффективность просмотра последних заметно уменьшается с уменьшением угла рассеяния \mathbb{P}^- -мезона (средняя эффективность просмотра однолучевых составляет $\bar{\epsilon}_{\text{пр}} = 0.75 \pm 0.04$). Кроме того, часть событий, для которых проекция угла рассеяния на плоскость фотографирования меньше некоторого минимального значения, практически ненаблюдаема. Для определения зависимости эффективности регистрации от угла рассеяния и нахождения средней эффективности регистрации однолучевых взаимодействий часть событий (142 события) была измерена на полуавтоматических устройствах ПУОС-1 [4] и обчислена по программе геометрической реконструкции "1-6" [5] на ЭВМ М-222. Для каждого события определялись импульсы первичного и вторичного \mathbb{P}^- -мезонов, пространственный угол между ними \mathcal{V} , проекция этого угла на плоскость фотографирования β , а также азимутальный угол вторичного трека \mathbb{P}^- -мезона относительно направления первичного трека Ψ .

Как показали измерения, однолучевые события с углом рассеяния $\mathcal{V} < 1^\circ$ ненаблюдаемы (эффективность регистрации таких событий $\epsilon_1(\mathcal{V} < 1^\circ) \approx 0$). Практически ненаблюдаема также часть событий с малым изменением импульса пиона и углом рассеяния $1^\circ \leq \mathcal{V} < 5^\circ$, для которых проекция этого угла $|\beta| < \beta_{\min} \approx 0.8^\circ$; последнее обстоятельство приводит к заметной анизотропии по азимутальному углу Ψ . Поэтому для событий с $1^\circ \leq \mathcal{V} < 5^\circ$, кроме эффективности просмотра, учитываются также зависящие от угла \mathcal{V} геометрические факторы $\eta(\mathcal{V})$, которые вычисляются, исходя из условия изотропности распределения по азимутальному углу Ψ . При малых \mathcal{V}

$$\eta(\mathcal{V}) \approx \frac{2}{\pi} \text{Arccos}(\beta_{\min} / \mathcal{V}).$$

Учет эффективности просмотра и геометрической поправки приводит к следующей зависимости эффективности регистрации однолучевых событий от угла \mathcal{V} :

$$\begin{aligned} \epsilon_1(1^\circ \leq \mathcal{V} < 2^\circ) &= 0.46 \pm 0.05, & \epsilon_1(3^\circ \leq \mathcal{V} < 5^\circ) &= 0.75 \pm 0.08, \\ \epsilon_1(2^\circ \leq \mathcal{V} < 3^\circ) &= 0.60 \pm 0.05, & \epsilon_1(\mathcal{V} \geq 5^\circ) &= 0.85 \pm 0.05. \end{aligned}$$

Средняя эффективность регистрации однолучевых событий с $\mathcal{V} \geq 1^\circ$ равна

$$\bar{\epsilon}_1 = \frac{\sum_i n(\mathcal{V}_i)}{\sum_i n(\mathcal{V}_i) / \epsilon_1(\mathcal{V}_i)} = 0.66 \pm 0.07,$$

где $n(\mathcal{V}_i)$ - число событий в данном интервале по \mathcal{V} ($\sum_i n(\mathcal{V}_i) = N_1$). В ошибку $\bar{\epsilon}_1$ включены также статистические ошибки величин $n(\mathcal{V}_i)$.

Для определения сечения взаимодействия \mathbb{P}^- -мезонов с молекулой пропана σ_n , без учета рассеяния на углы $\mathcal{V} < 1^\circ$, используется выражение для вероятности взаимодействия в заданном объеме длиной l_k :

$$\frac{N / \bar{\epsilon} + N_1 / \bar{\epsilon}_1}{N_T \cdot \epsilon_\mu} = 1 - \exp[-n_n \cdot \sigma_n \cdot l_k], \quad (1)$$

где

$n_n = N_A \cdot \rho_n / 44$ - количество молекул пропана в см³;
 $N_A = 6,002 \times 10^{23}$ - число Авогадро; $\rho_n = 0,43$ г/см³ - плотность пропана (C₃H₈); $\epsilon_\mu = 0,90 \pm 0,03$ - поправка на примесь μ^- -мезонов и электронов в пучке [6].
 N_T - число соответствующих пучковых треков. Для вероятностей генерации однолучевых событий с углом $\mathcal{V} \geq 1^\circ$ и событий, не принадлежащих к однолучевым, с учетом эффективности регистрации, имеем, соответственно:

$$\frac{N_1/\bar{E}_1}{N_T} = 0,0510 \pm 0,0052 ; \quad \frac{N/\bar{E}}{N_T} = 0,2668 \pm 0,0047.$$

Подставляя значения величин, входящих в (1), получаем

$$\sigma_n = (977 \pm 48) \text{ мбн},$$

Соответствующая длина свободного пробега в пропане равна:

$$L_1 = (174 \pm 8) \text{ см}.$$

Отметим, что, строго говоря, в формуле (1) следует учесть и поправку, связанную со следующим обстоятельством. Поскольку в выражении (1) учтен вклад ненаблюдаемых однолучевых событий, то отсюда следует вычесть вклад таких событий, когда сначала происходит упругое рассеяние пучковой частицы на малый угол с проекцией $|\beta| < \beta_{\min}$, а затем -вторичное взаимодействие, дающее событие, которое уже было зарегистрировано при просмотре. Однако можно оценить, что такая поправка более чем на порядок меньше погрешности определения сечения σ_n , и поэтому ею можно пренебречь.

Сечение взаимодействия π^- -мезона с пропаном без учета рассеяния на малые углы $\vartheta < 1^\circ$ σ_n выражается через полные сечения взаимодействия с углеродом σ_c^T и водородом σ_H^T и через сечения рассеяния на углероде и на водороде на углы $\vartheta < 1^\circ$, $\Delta\sigma_c$ и $\Delta\sigma_H$ соответственно, следующим образом:

$$\sigma_n = 3(\sigma_c^T - \Delta\sigma_c) + 8 \cdot (\sigma_H^T - \Delta\sigma_H). \quad (2)$$

Сечение $\Delta\sigma_H$ соответствует ненаблюдаемым событиям упругого π^-p -рассеяния, при котором квадрат переданного импульса $|t| < |t_1| = 0,0073 \text{ (Гэв/с)}^2$ (по-

лог регистрации протона отдачи в пропановой камере равен $P_p \approx 0,100 \div 0,120 \text{ Гэв/с}$). Подставляя в (2) известные значения $\Delta\sigma_H = (0,35 \pm 0,01) \text{ мбн}^7$ и $\sigma_H^T = (29,24 \pm 0,01) \text{ мбн}^8$ при $4,9 \text{ Гэв/с}$, получаем

$$\sigma_c' \equiv \sigma_c^T - \Delta\sigma_c = (248 \pm 16) \text{ мбн}. \quad (3)$$

Для определения поправки к полному сечению π^-C -взаимодействия учитывается то обстоятельство, что рассеяние π^- -мезонов на ядре углерода на углы $\vartheta < 1^\circ$ (соответствующие квадратам переданных импульсов $|t| < |t_1| = 0,0073 \text{ (Гэв/с)}^2$) является практически полностью упругим когерентным рассеянием, дифференциальное сечение которого при малых передачах, как известно, имеет вид

$$\frac{d\sigma_{el}}{dt} = \left(\frac{d\sigma_{el}}{dt} \right)_0 e^{-B|t|} = \frac{(\sigma_c^T)^2}{16\pi} (1 + \rho^2) e^{-B|t|}, \quad (4)$$

где $\rho = \text{Re} f(0) / \text{Im} f(0)$ есть отношение реальной к мнимой части амплитуды упругого рассеяния на нулевой угол на ядре; B - параметр наклона упругого дифференциального сечения.

Поправка, соответствующая упругому когерентному рассеянию на углы $\vartheta < 1^\circ$, будет

$$\Delta\sigma_c = \int_0^{|t_1|} \frac{d\sigma_{el}}{dt} dt = \frac{(\sigma_c^T)^2}{16\pi} (1 + \rho^2) \frac{1 - e^{-B|t_1|}}{B} = \alpha \cdot (\sigma_c^T)^2, \quad (5)$$

где через α обозначено выражение

$$\alpha = \frac{1+p^2}{16\pi} \cdot \frac{1-e^{-B|t_1|}}{B} \quad (6)$$

Величина B пропорциональна среднеквадратичному радиусу ядра и для углерода приблизительно равна [9]

$$B \approx \frac{1}{3} \langle r^2 \rangle \approx 10,8 A^{2/3} (\text{ГэВ/с})^{-2} = 57 (\text{ГэВ/с})^{-2}.$$

Значения величины B , полученные из различных экспериментов [10] по излучению когерентных процессов взаимодействия протонов и пионов с ядром углерода, лежат в пределах $B = (57 \pm 10) (\text{ГэВ/с})^{-2}$. Величиной p^2 по сравнению с единицей в выражении (6) при высоких энергиях можно пренебречь [1]. Тогда коэффициент α , с учетом неопределенности в параметре B , равен

$$\alpha = (3,0 \pm 0,1) \times 10^{-4} (\text{мбн})^{-1}.$$

Подставляя выражение для поправки $\Delta \sigma_c = \alpha \cdot (\sigma_c^T)^2$ в уравнение (3) и решая его относительно σ_c^T , получаем полное сечение взаимодействия π^- -мезона с ядром углерода при импульсе 4,9 ГэВ/с

$$\sigma_c^T = (270 \pm 20) \text{ мбн.}$$

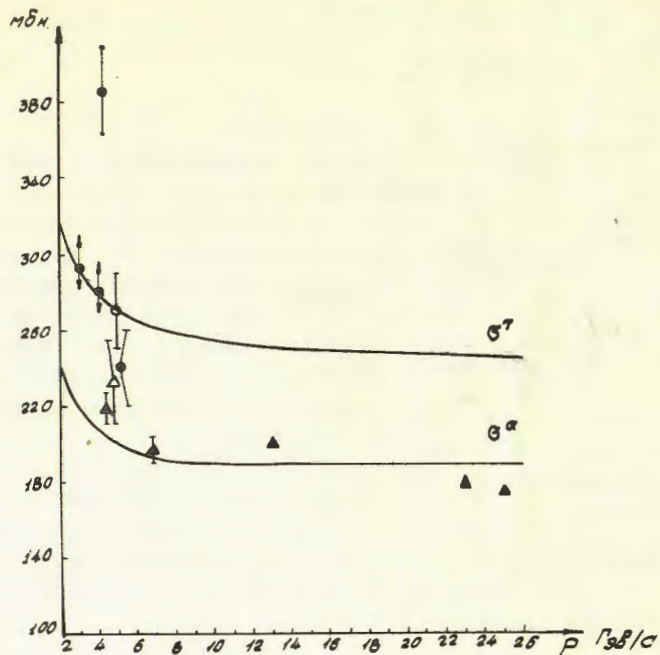
Сечение поглощения π^- -мезонов на ядре углерода можно оценить, исключив вклад событий упругого π^- С-рассеяния. Результаты измерения однолучевых событий показали, что доля событий, удовлетворяющих кинематике упругого π^- С-рассеяния на углы $1^\circ \leq \vartheta < 2^\circ$, составляет, с учетом поправок на эффективность регистрации, 30% от всех одялучевых, или 4,8% от числа всех событий взаимодействия π^- -мезонов в пропане (вкладом упругого π^- С-рассеяния на углы $\vartheta \geq 2^\circ$ можно пренебречь).

Поскольку точность измерения импульсов в пропановой камере ($\Delta p/p \approx 5 \div 6\%$) не позволяет кинематически разделить события упругого рассеяния от событий квазиупругого рассеяния на нейтронах ядра или неупругого рассеяния с возбуждением ядра без видимых следов развала, то вклад упругих событий мы приписываем максимальную ошибку: $(4,8 \pm 4,8)\%$. Тогда сечение взаимодействия π^- -мезонов с пропаном, с исключением упругих π^- С-событий, равно

$$\sigma_n^i = (0,952 \pm 0,048) \sigma_n = (930 \pm 65) \text{ мбн.}$$

Вычитая теперь вклад рассеяния π^- -мезонов на водороде, получаем оценку сечения поглощения π^- -мезонов на ядре углерода $\sigma_c^a = (233 \pm 22) \text{ мбн.}$

Измеренное значение полного сечения π^- С-взаимодействия $\sigma_c^T = (270 \pm 20) \text{ мбн}$ хорошо согласуется с теоретическими расчетами [1] по оптической модели (см. рисунок). Оценка сечения поглощения несколько выше теоретического значения, однако не противоречит ему.



Полные сечения и сечения поглощения π^- -мезонов на ядре углерода при импульсах $\rho > 2$ ГэВ/с.

●, ▲ - экспериментальные значения полных сечений и сечений поглощения. Ссылки взяты из книг [1,2]

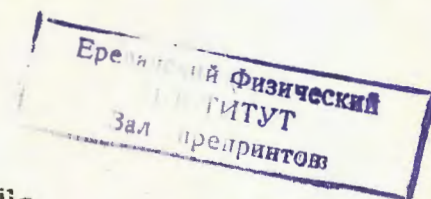
○, △ - значения полного сечения и сечения поглощения, полученные в настоящей работе.

Сплошные кривые - зависимость полного сечения и сечения поглощения от импульса, вычисленная по оптической модели в книге [1]

ЛИТЕРАТУРА

1. В.С.Барашенков, В.Д.Тонеев "Взаимодействия высокоэнергетических частиц и атомных ядер с ядрами", Атомиздат, Москва, 1972.
2. В.С.Мурзин, Л.И.Сарычева. "Множественные процессы при высоких энергиях", Атомиздат, Москва, 1974.
3. А.В.Богомолов и др. ПТЭ, 1,61, 1964.
4. В.Я.Алмазов и др. Препринт ОИЯИ 1352, Дубна, 1963.
5. Н.Ф.Маркова и др. Препринт ОИЯИ P10-3768, Дубна, 1968.
6. Ким Ин и др. Препринт ОИЯИ 2029, Дубна, 1965. В.Г.Гришин и др. ЯФ, 2, 886, 1965, Ю.А.Будагов и др. Препринт ОИЯИ P1-4610, Дубна, 1969.
7. I. Ambats et al. Phys.Rev. D9, 1179, 1974.
8. A.Citron et al. Phys.Rev. 114, 1101, 1966.
9. H.H.Bingham. Preprint CERN/D Ph.II/Phys./70-60, 1970
10. G.Belletini et al. Nucl.Phys. 79, 609, 1966;
H.Palevsky et al. Phys.Rev.Lett. 18, 1200, 1967;
H.C.Амаглобели и др. Письма в ЖЭТФ, 14, 558, 1971.
C.Vemporad et al. Nucl.Phys. B42, 627, 1972;
Kruse et al. Phys.Rev.Lett. 32, 1328, 1974.

Рукопись поступила 28-го октября 1976г.



Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 823 ВФ- 03121 Тираж 299
Подписано к печати 10/II-77г Формат издания 30x40

0,7 уч.изд.л. Ц. 5 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического институт, Ереван 36, пер.Мар-
каряна 2