

7

К-66



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

З.Ф. Корбел, М.Г. Шафранова, А.И. Златева, П.К. Марков,
Т.С. Тодоров, Х.М. Чернев, Н. Далхажав, Д. Туьдендорж

P-1481

УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ π^- -МЕЗОНОВ
НА ПРОТОНАХ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4 ГЭВ/С

ЖЭТФ, 1964, т 47, в. 1, с 12-15.

Нуклеоника, 1964, т 9, № 2-3,

стр. 113-118.

З.Ф. Корбел, М.Г. Шафранова, А.И. Златеца, П.К. Марков, ^{x)}
Т.С. Тодоров, Х.М. Чернев ^{x)}, Н. Далхажав, Д. Тувдэндорж ^{xx)}

P-1481

22/2/1, чф.
УПРУГОЕ РАССЕЯНИЕ π^- -МЕЗОНОВ
НА ПРОТОНАХ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 4 ГЭВ/С

Направлено в ЖЭТФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

-
- x) Физический институт с АНЭБ, Болгарская Академия наук, София.
xx) Институт физики и химии Монгольской Академии наук, Улан-Батор.

1. Описание эксперимента

Исследование упругого π - p -рассеяния при высоких энергиях представляет большой физический интерес. Используя обогащенные водородом фотоэмульсии, облученные перпендикулярно плоскости слоев^{1/1}, можно получить дифференциальное сечение упругого рассеяния в области малых переданных импульсов и таким образом дополнить эксперименты, в области больших переданных импульсов, доступной другим методикам.

Были облучены три эмульсионные камеры перпендикулярно плоскости эмульсионных слоев в пучке π^- -мезонов с импульсом 4 Гэв/с на синхрофазотроне ОИЯИ.

Каждая из камер состояла из 50 слоев эмульсии НИКФИ БР, пропитанных этиленгликолем с целью обогащения водородом. Количество ядер водорода в 1 см^3 пропитанной эмульсии в этих камерах составляло соответственно: $(4,96 \pm 0,11) \cdot 10^{22}$, $(5,04 \pm 0,10) \cdot 10^{22}$ и $5,21 \pm 0,11) \cdot 10^{22}$. Плотность потока первичных частиц в рабочей области этих камер была: $(0,90 \pm 0,02) \cdot 10^5 \text{ чсм}^{-2}$, $(0,78 \pm 0,03) \cdot 10^5 \text{ чсм}^{-2}$ и $(4,37 \pm 0,06) \cdot 10^5 \text{ чсм}^{-2}$ соответственно.

Примесь μ -мезонов и быстрых электронов в пучке π^- -мезонов составляла $13\%^{2/}$. Всего просмотрено 155 см^2 - примерно поровну в каждой из трех камер.

Методика просмотра, измерений и идентификации случаев упругого рассеяния при перпендикулярном облучении подробно описаны в^{1/1}.

Свойства эмульсионных камер, пропитанных водой или этиленгликолем, их преимущества перед стандартными камерами при изучении процессов упругого рассеяния рассмотрены в^{3/}.

Точность измерения пробега протона отдачи R была 3-5%, точность измерения угла вылета протона отдачи для событий с пробегом $R > 1000 \text{ мк} \sim 1^\circ$, а для случаев с $R < 1000 \text{ мк}$ порядка $(2-3^\circ)$.

Спектр первичного пучка π^- -мезонов определялся по углу рассеяния π^- -мезона ψ , который измерялся с точностью $\sim 6'$, и пробегу протона отдачи R . Для этой цели использовались события, удовлетворяющие следующим трем критериям:

- 1) в точке рассеяния нет ядра отдачи;
- 2) соотношение между пробегом протона отдачи R и его углом с направлением

ем первичного мезона ψ удовлетворяет кинематике упругого рассеяния релятивистско-го π -мезона;

3) событие компланарно.

Таких событий оказалось 335.

Полученный спектр приведен на рис. 1.

Дифференциальное сечение определялось только для событий в интервале импульса $2,8 \text{ ГэВ/с} < p < 5,4 \text{ ГэВ/с}$, остальные события не рассматривались и отбрасывались с соответствующим им сечением. При определении дифференциального сечения не учитывались также события, находящиеся вблизи стекла или поверхности эмульсии.

Итого было выделено для определения дифференциального сечения 222 случая упругого рассеяния, из которых 200 находятся в интервале $3^\circ < \theta_{\text{с.п.м.}} < 15^\circ$. Прямая квазиупругих и других похожих событий составила 3%.

Обсуждение результатов эксперимента

Полученные данные по дифференциальному сечению упругого π - p -рассеяния приведены в таблице 1.

Истинное число событий в выбранном интервале углов определялось по формуле Яноши^{14/}. Данный эксперимент выполнен в области малых углов рассеяния ($3-15^\circ$) с.п.м. В первом интервале ($3-8^\circ$) с.п.м. уже существенную роль играет кулоновское рассеяние. Тингом и др.^{15/} при импульсе $4,1 \text{ ГэВ/с}$ был выполнен с помощью искровых камер эксперимент в области больших углов рассеяния ($14,8-43,9^\circ$) с.п.м.

Мы провели анализ результатов обеих работ для значений четырехмерных переданных импульсов $|t|k_{0,7} \text{ (ГэВ/с)}^2$ по формуле Бете^{16/}:

$$\left[\frac{d\sigma}{d\Omega} \right]_{\text{сум}} = \left[\left(\frac{2m F(\theta)}{k\theta^2} \right)^2 + g_I (1+a^2) - \frac{4\pi F(\theta)}{k\theta^2} (2g_I + 2\pi g_I \ln \frac{\varphi_0}{\theta}) \right],$$

где $F(\theta) = \exp \left[- \frac{\theta^2 \ln \theta}{2\theta^2} \right]$ - ядерный и электромагнитный формфактор нуклона,

которые считаются одинаковыми;

$$n = \frac{1}{137\beta_1}; \quad \varphi_0 = \frac{106}{ka} \text{ рад}; \quad a = 1 \cdot 10^{-13} \text{ см};$$

k - волновое число в с.п.м.; β_1 - скорость π -мезона в лаб. системе в единицах c

$$g_I = \sqrt{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{\text{отн}}} \cdot F(\theta); \quad \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{\text{отн}} = \frac{k^2 \sigma_{\text{tot}}^2}{16\pi^2};$$

σ_{tot} полное сечение упругого π - p -рассеяния; $\sigma_{\text{tot}}(4 \text{ ГэВ}) = (30,27 \pm 0,22) \text{ мбн}$ согласно Дидденсу и др.^{17/};

$$\alpha = \frac{g_R(\theta)}{g_I(\theta)}$$

отношение реальной к мнимой части амплитуды ядерного рассеяния.

Результаты расчета следующие:

$$\alpha = -0,01 \pm 0,30;$$

$$\chi^2 = 14,8 \text{ (число экспериментальных точек } n = 13);$$

$$\theta_0 = 13,1^\circ \pm 0,1^\circ \text{ (см. рис. 2).}$$

Таким образом, данный эксперимент и эксперимент Тинга и др. говорят о малой величине действительной части амплитуды рассеяния, что хорошо согласуется с оценками, полученными Барашенковым из дисперсионных соотношений^{18/}: $\alpha \approx -0,1$ при $E = 4$ Гэв.

Представив дифференциальное сечение ядерного рассеяния (кулоновское сечение вычиталось) в виде:

$$\frac{d\sigma_{\text{яг}}}{dt} \left[\frac{\sigma_{\text{tot}}(20 \text{ Гэв})}{\sigma_{\text{tot}}(4 \text{ Гэв})} \right] = \exp(a + At),$$

мы определили параметр наклона A и коэффициент a в интервале $0,01 < |t| (\text{Гэв}/c)^2 < 0,2$ по четырем экспериментальным точкам данной работы и двум точкам Тинга и др.^{15/}:

$$A = (7,53 \pm 0,60) \left(\frac{\text{Гэв}}{c} \right)^{-2}$$

$$a = 3,46 \pm 0,09.$$

В таблице II приведены значения параметра наклона A , полученные при различных импульсах в разных интервалах t . Видно, что A в данном опыте совпадает с величинами, вычисленными в других работах. Это обстоятельство свидетельствует, во-первых, о независимости A от энергии в пределах от 1 до 18 Гэв и, во-вторых, о независимости параметра наклона A от t в пределах от $|t| = 0,01 (\text{Гэв}/c)^2$ до $0,9 (\text{Гэв}/c)^2$ при импульсе 4 Гэв/с.

Из таблицы II видно также, что параметры наклона дифференциального сечения π^- -мезонов совпадают со значениями A для π^+ -мезонов. Анализируя данный эксперимент и опыт Тинга, мы получили полное сечение упругого π^-p -рассеяния:

$$\sigma_{\text{упр.}}(4 \text{ Гэв}/c) = (5,9 \pm 0,5) \text{ мбн.}$$

В заключение авторы выражают благодарность В.А. Никитину, Л.Н. Струнову и В.А. Свиридову за помощь и полезные обсуждения, С.И. Любомилу, Л.Г. Кривенцовой и Л.А. Боковой за методические работы, связанные с пропиткой камер и их фотохимической обработкой, а также группам лаборантов ОИЯИ, БАН и МАН за просмотр и измерения.

Таблица 1

Дифференциальное сечение упругого π^0 -р-рассеяния в области $3^\circ < \theta < 15^\circ$

θ ссм	$\frac{1}{E}$ (Гэв/с) ²	Число найденных слу-чаев \sqrt{N}	Чист по фор-муле Яноши /4/	$\frac{d\sigma}{ds}$ мбн стерад	$-\frac{d\sigma}{ds}$ мбн с ² Гэв ²
$3^\circ-6^\circ$	0,00465-0,0185	48	52,8	$27,5 \pm 4,1$	$50,8 \pm 7,6$
$6^\circ-9^\circ$	0,0185-0,0416	55	60,7	$19,3 \pm 2,8$	$35,6 \pm 5,2$
$9^\circ-12^\circ$	0,0416-0,0742	59	66,8	$15,0 \pm 2,0$	$27,7 \pm 3,7$
$12^\circ-15^\circ$	0,0742-0,1152	38	56,5	$9,9 \pm 1,5$	$18,3 \pm 2,8$

Таблица II

Параметры наклона дифференциального сечения упругого π^\pm -рассеяния А для различных импульсов π -мезонов

Импульс π -мезона в лаб. сист. p Гэв/с	Интервал $\frac{1}{E}$ (Гэв/с) ²	Параметр наклона А (Гэв/с) ⁻²	Автор
1	2	3	4
1,33	$< 0,4$	$7,3 \pm 0,4$	L. Bertanza и др. /9/
1,47	$< 0,4$	$7,3 \pm 0,6$	M. Chretien и др. /10/ K.W. Lai и др. /11/
1,85	$< 0,4$	$9,3 \pm 1,7$	R.C. Whitten, M.M. Block /12/
2,00	$< 0,4$	$8,7 \pm 0,5$	V. Cook и др. /13/ K.W. Lai и др. /11/
3,15	0,1-0,4	$7,5 \pm 0,4$	C.C. Ting и др. /5/
3,15	0,1-0,6	$7,3 \pm 0,2$	
3,15	0,13-0,49	$8,22 \pm 0,34$	
4,13	0,1-0,4	$8,0 \pm 0,5$	
4,13	0,1-0,9	$7,2 \pm 0,2$	
4,13	0,17-0,45	$8,54 \pm 0,48$	данная работа, C.C. Ting и др. /5/
4	0,01-0,2	$7,53 \pm 0,60$	
4,95	0,13-0,4	$7,8 \pm 0,4$	C.C. Ting и др. /5/
4,95	0,13-0,9	$6,9 \pm 0,2$	
5,17	0,03-0,4	$8,4 \pm 0,7$	R.G. Thomas /14/
6,8	0,03-0,4	$7,8 \pm 1,1$	Ван Ган-чан и др. /15/
7,2	0,03-0,4	$7,3 \pm 0,7$	T. Hofmohl и др. /16/
8,5	0,13-0,50	$7,33 \pm 0,18$	D.O. Caldwell и др. /17/

1	2	3	4
10	0,02-0,16	$11,2 \pm 0,9$	S. Erandt и др. /18/
10	0,16-0,4	$7,2 \pm 0,7$	
12,4	0,13-0,50	$7,53 \pm 0,19$	D.O. Caldwell и др. /17/
15,9	0,01-0,4	$8,6 \pm 1,5$	G. Chapek и др. /19/
18,4	0,19-0,50	$7,21 \pm 0,28$	D.O. Caldwell и др. /17/
$\pi^+ - p$			
2,92	0,1-0,4	$7,0 \pm 0,4$	C.C. Ting и др. /5/
2,92	0,10,7	$6,2 \pm 0,3$	
8,5	0,13-0,50	$7,23 \pm 0,17$	D.O. Caldwell и др. /17/
12,4	0,13-0,50	$6,93 \pm 0,38$	

Л и т е р а т у р а

- В.Б. Любимов, П.К. Марков, Э.Н. Цыганов, Чжен Пу-ин, М.Г. Шафранова. ЖЭТФ, 37, 910 (1959).
До Ин Себ, Л.Г. Кривенцова, С.И. Любомиллов, М.Г. Шафранова. Ядерная фотография (Труды третьего Международного совещания). Изд-во Академии наук СССР, Москва, 1962, стр. 448.
- А.С. Вовенко, Л.Б. Голованов, Б.А. Кулаков, А.Л. Любимов, Ю.А. Матуленко, И.А. Саввин, Е.В. Смирнов. Препринт ОИЯИ Р-805, Дубна, 1961.
- До Ин Себ, Л.Ф. Кириллова, З.Ф. Корбел, М.Г. Шафранова. ПТЭ № 6, 48 (1962).
- E. Gombosi, L. Jánosy, KFKJ Közl 8, 83 (1960).
- C.C. Ting, L.W. Jones, M.L. Perl. Phys. Rev. Lett, 9, 468 (1962).
- H.A. Bethe. Ann. Phys. 3, 190 (1958);
ПСФ № 6, 21 (1958).
- A.N. Diddens, E.W. Jenkins, T.F. Kycia, K.F. Riley. Phys. Rev. Lett, 10, 262 (1963)
- В.С. Барашенков. Препринт ОИЯИ Р-817, Дубна, 1961.
- L. Bertanza, R. Carrara, A. Drago, P. Franzini, L. Mannelli, G.V. Silvestrini and P.H. Stoker. Nuovo Cim, XIX N3, 467 (1961).
- M. Chretien, J. Leitner, N.P. Samios, M. Schwartz and J. Steinberger. Phys. Rev., 108, 383 (1957).
- K.W. Lai, L.W. Jones, M.L. Perl. Phys. Rev. Lett, 7, N4, 125 (1961).
- R.C. Whitten, M.M. Block. Phys. Rev., 111, 1676 (1958).
- V. Cook. Phys. Rev., 123, 320 (1961).
- R.G. Thomas. Phys. Rev., 120, 1015 (1960).

15. Ван Гая-чан, Ван Цу-пэен, Дян Да-цао, В.Г. Иванов, Ю.В. Катышев, Е.Н. Кладнищкая, Л.А. Кулюкина, Нгуен Дян Ты, А.В. Никитин, С.З. Отвиновский, М.И. Соловьев, Р.Сосновский, М.Д. Шафранов. ЖЭТФ, 38, 462 (1960).
16. T.Hofmaki, A.Wroblewski, A.Filipkowski, L.Michejda, S.Otwinowski, S.Sosnowski, E.Fenyves, T.Gémesy, T.Sándor, A.Sebestyen, F.Telbisz, Nuovo Cim, 28, N1, 118 (1963).
17. D.O.Caldwell, B.Elsner, D.Harting, A.C.Helmholz, W.C.Middelkoop, B.Zacharov, P.Dalpiatz, S.Focardi, G.Giacomelli, L.Monari, J.A.Beaney, R.A.Donald, P.Mason and L.W.Jones Scienna International Conference on Elementary Particles, Italy (1963).
18. S.Brandt, V.T.Cocconi, D.R.O.Morrison, A.Wroblewski, P.Fleury, G.Kayas, F.Mullar, C.Pelletier, Phys. Rev. Lett, 10, N9, 413 (1963).
19. G.Chapek, G.Kellner and H.Pietschmann, Phys. Lett, 1, 226 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел
29 ноября 1963 г.

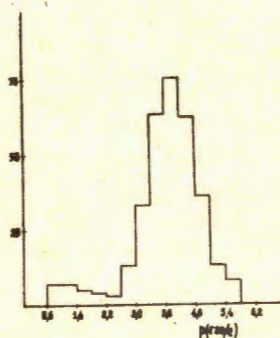


Рис. 1. Импульсный спектр первичных π^- -мезонов.

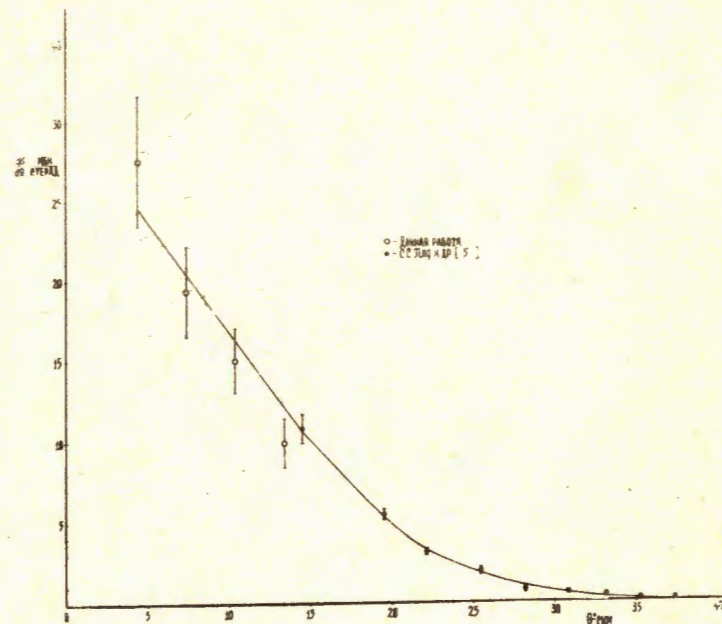


Рис. 2. Дифференциальное сечение упругого π - p -рассеяния.

\circ - данные настоящей работы, \bullet - результаты
Тинга и др. ^{15/}. Кривая рассчитана по формуле Бете

для $\alpha = -0,01 \pm 0,30$,

$\theta_0 = (13,1 \pm 0,1)^\circ$.