

СЗ46.4 в

Г- 761



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

И.М. Граменицкий, Л.С. Охрименко, Б. Словинский, З.С. Стругальский

P-1597

ОЦЕНКА СЕЧЕНИЯ ПЕРЕЗАРЯДКИ
 π^- -МЕЗОНОВ НА КВАЗИСВОБОДНЫХ ПРОТОНАХ
ПРИ 9 ГЭВ

ЖЭТФ, 1964, т 47, в 3(6), с 801-805.

Дубна 1964

И.М. Граменицкий, Л.С. Охрименко, Б. Словинский, З.С. Стругальский^{x)}

P-1597

С.С.С.С.
Г-461

ОЦЕНКА СЕЧЕНИЯ ПЕРЕЗАРЯДКИ
 π^- -МЕЗОНОВ НА КВАЗИСВОБОДНЫХ ПРОТОНАХ
ПРИ 9 ГЭВ

2369/3 48

Направлено в ЖЭТФ



^{x)} Институт ядерных исследований, Варшава.

Дубна 1964

Граменицкий И.М., Охрименко Л.С.,
Словинский Б., Стругальский З.С.

P-1597

Оценка сечения перезарядки π^- -мезонов на квази-
свободных протонах при 9 Гэв

На снимках, полученных в ксеноновой пузырьковой камере,
облученной π^- -мезонами с импульсом 9 Гэв/с, изучалась реак-
ция перезарядки $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + p$.

Получена оценка сечения рассматриваемого процесса.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна. 1964.

Gramenitski I.M., Okhrimenko L.S., Slowinski B., Strugalski Z.S.

P-1597

An Estimation of the Cross Section for 9 GeV π^- -meson Charge
Exchange on Quasifree Protons.

The pictures taken with the xenone bubble chamber exposed to 9 GeV π^- -mesons
allowed to study the charge exchange reaction $\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + p$.

The estimate of the cross section for the process under consideration has been
obtained.

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna. 1964.

В настоящее время имеются немногочисленные и неполные данные, относящиеся
к реакции обменного рассеяния π^- -мезонов на протонах в области энергий в несколь-
ко Гэв^[1-5]. Однако именно при этих энергиях сведения о поведении сечения этого
процесса представляют большой теоретический интерес (см., например^[6]).

Настоящая работа имеет своей целью исследование реакции обменного рассеяния
 π^- -мезонов с импульсом 9 Гэв/с на квазисвободных протонах в ксеноновой пузырько-
вой камере. Эта камера^[7] обладает большой, близкой к 100%, эффективностью реги-
страции γ -квантов, что позволяет подробно изучить реакцию перезарядки



Экспериментальные данные

Для изучения реакции (1) проводился двукратный просмотр снимков, полученных
в 24-х литровой ксеноновой пузырьковой камере, при котором отбирались все 0 -луче-
вые звезды, находящиеся внутри небольшой выделенной области ($120 \times 211 \times 63$ мм³).
Эффективность двукратного просмотра двумя независимыми наблюдателями составляет
97%.

На 55000 стереофотографий было обнаружено 129 0 -лучевых событий. Распреде-
ление этих случаев по числу γ -квантов N_γ и V^0 -событий N_{V^0} приведено в табли-
це 1.

Для каждого найденного взаимодействия проводились измерения углов между
 γ -квантами θ_{ik} и углов между направлением полета γ -кванта и направлением
первичного трека π^- -мезона^{х)}.

Т а б л и ц а 1

$N_{V^0} \quad N_\gamma$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	3	2	29	10	33	7	9	2	5	4	4
1	3	6	1	2	3	1	-	-	-	-	-
2	1	-	1	1	-	-	2	-	-	-	-

х) Относительная точность определения углов, полученная в результате шестикратного
измерения на микроскопе УИМ-21, составляет 8%.

В событиях с числом γ -квантов $N_\gamma = 1, 2$ и 4 по ранее разработанной методике^{18,9/} измерялись энергии γ -квантов.

Для тех событий с $N_\gamma = 2$, в которых суммарная энергия γ -квантов не меньше $4 \text{ Гэв}^x)$, вычислялись эффективные массы $m_{\gamma\gamma}$. Распределение величин $m_{\gamma\gamma}$ показано на рис. 1. Относительная ошибка в определении массы $m_{\gamma\gamma}$ составляет 30%.

Для тех же событий с $N_\gamma = 2$ построено распределение по углам разлета двух γ -квантов θ_{ik} в л.с. (рис. 2).

На этом же графике приводится рассчитанное распределение углов θ_{ik} для π^0 -мезонов с импульсом 9 Гэв/с (плавная кривая).

Обсуждение экспериментальных данных

Выделенные при просмотре случаев с числом γ -квантов $N_\gamma = 2$ содержат фон от событий с большей кратностью γ -квантов, главным образом, от событий с $N_\gamma = 4$. Для оценки этого фона вычислялась эффективность регистрации γ -квантов в случаях с $N_\gamma = 4$. Эта эффективность, взятая как отношение числа γ -квантов в указанных случаях к сумме их весов^{xx)}, равняется 95%. Отсюда следует, что вклад от событий с $N_\gamma = 4$ в события с $N_\gamma = 3$ равен девяти, и в интересующих нас событиях с $N_\gamma = 2$ - одному случаю.

С другой стороны, среди случаев с $N_\gamma = 1$ имеется вклад от событий с $N_\gamma = 2$. По аналогии с предыдущим (эффективность регистрации γ -квантов в событиях с $N_\gamma = 2$ равна 97%) число таких случаев оказалось равным двум.

Полученные величины хорошо согласуются с данными, приведенными в таблице 1.

Для оценки фона от нейтральных странных частиц по данным работы А. Филиппковского и Т. Канарека^{10/} была найдена эффективность регистрации камеры к V^0 -событиям. Она оказалась равной 75%. Следовательно, на основании таблицы 1, фон от V^0 -событий в рассматриваемых случаях с $N_\gamma = 2$ составляет 3 случая.

На рис. 1 и 2, на которых все случаи условно пронумерованы, видно, что кроме событий с $m_{\gamma\gamma}$, совпадающей с массой π^0 -мезона в пределах двукратной ошибки, имеется 5 фоновых. Два из них с массой $m_{\gamma\gamma} > 1400 \text{ Мэв}$ объясняются вкладом от случаев с большей кратностью γ -квантов, что хорошо согласуется с приведенными выше оценками. Для объяснения присутствия трех остальных, в которых масса $m_{\gamma\gamma}$ заключена в пределах от 400 Мэв до 700 Мэв , следует допустить рождение η^0 -мезона

x) Это соответствует углу упругого рассеяния π^0 -мезонов $\theta_{\pi^0} = 30$ в лабораторной системе координат (л.с.).

xx) Вес γ -кванта W_k определяется следующим образом:

$$1/W_k = 1 - e^{-\mu x}$$

где μ - коэффициент поглощения γ -квантов, зависящий от энергии, и x - потенциальная длина.

в изучаемых взаимодействиях. Такому предположению не противоречит рис. 2, на котором эти события располагаются справа от минимального угла $\theta_{\min} = 7^\circ$, определяемого равенством $\sin \frac{\theta_{\min}}{2} = \frac{m_{\eta^0} c^2}{E_{\eta^0}} x$.

Для случаев, в которых масса m_{η^0} совпадает с массой π^0 -мезона в пределах двукратной ошибки, на рис. 3 дано распределение по отношениям энергий γ -квантов $\frac{E_{\gamma 1}}{E_{\gamma 2}}$. Полученная гистограмма сравнивается с расчетной кривой, соответствующей π^0 -мезонам с импульсом 9 ГэВ/с. Сопоставление гистограмм на рис. 2 и 3 с соответствующими расчетными кривыми является проверкой (по двум независимо измеряемым кинематическим характеристикам системы двух γ -квантов: энергии и углу между ними) наличия π^0 -мезонов с импульсом около 9 ГэВ/с.

Таким образом, после вычитания фона, мы получаем 21 случай с $N_{\gamma} = 2$, которые не противоречат реакции перезарядки. Это соответствует сечению на ядро ксенона

$$\sigma^{\pi^0} = (0,82 \pm 0,18) \text{ мб.}$$

Используя простую модель ядра ксенона (шар радиуса $R_{Xe} = 7,2 \cdot 10^{-13}$ см с резкой границей и равномерно распределенной средней плотностью нуклонов ($A\rho = 0,084 \cdot 10^{39} \text{ см}^{-3}$)),^{x)} получаем следующее значение для сечения на квазисвободный протон

$$\sigma = (0,09 \pm 0,02) \text{ мб.}$$

В действительности изучаемый нами процесс перезарядки (1) сопровождается фоном, главным образом, от следующих реакций:



где один из вторичных π^0 -мезонов в реакциях (2), (3) и (4) является медленным и поглощается ядром имитируя θ -лучевое событие с числом γ -квантов, равным двум. Полагая, что упомянутое явление происходит в основном до энергии $E_{\pi} = 200$ Мэв, оценим вклад этих реакций в вычисленное сечение на ядро ксенона.

В результате анализа событий с $N_{\gamma} = 4$ и $N_{\nu^0} = 0$ (предполагаемая реакция (2)) было найдено, что доля таких случаев, в которых имеется вторичный π^0 -мезон с полной энергией, не превышающей 200 Мэв, равна 0,16. Чтобы оценить вклад реакций (3) и (4) просматривались однолучевые события с останавливающимся в камере лучом и высокоэнергичным π^0 -мезоном. Таких случаев по сравнению со всеми найденными однолучевыми событиями с высокоэнергичным π^0 -мезоном оказалось 0,05.

^{x)} Здесь E_{η^0} максимальная полная энергия η^0 -мезона, равная 9 Гэв.

Так как средняя величина коэффициента объемного поглощения ядром ксенона рассматриваемых медленных π^- -мезонов, полученная из предположения их равномерного энергетического распределения, равна $\eta = 0,5^{12,13/}$, то для сечения изучаемой реакции (1) получаем окончательно

$$\sigma_{\pi x} = (0,04 \pm 0,02) \text{ мб.}$$

Следует подчеркнуть, что для точного определения фона от процессов (2), (3) и (4) необходимо знать энергетический спектр вторичных π^- -мезонов в области низких энергий. Это особенно важно потому, что определяемое нами сечение перезарядки оказывается очень чувствительным к величине η . Так, например, если принять, что энергетический спектр вторичных медленных π^- -мезонов в реакциях (2), (3) и (4) является возрастающей функцией, то верхняя граница коэффициента объемного поглощения $\eta = 0,7$ и, следовательно, $\sigma_{\pi x} = (-0,03 \pm 0,03) \text{ мб.}$

Кроме того, при вычислении величины коэффициента объемного поглощения η , даже в пределах используемых модельных представлений^{12/}, надо учитывать не все взаимодействия π^- -мезонов в ядре, а лишь те из них, которые приводят к имитации исследуемого процесса (1) (т.е. поглощение π^- -мезона с последующим излучением нейтронов и с образованием звезды, лучи которой визуально не обнаруживаются). С этой точки зрения приведенные нами значения η несколько завышены.

Окончательно следует сделать вывод, что сечение упругой перезарядки при 9 Гэв исчезающе мало. Это не противоречит результатам других работ^{2,4,5/}, в которых по существу не обнаружено ни одного события упругого обменного рассеяния при импульсах π^- -мезонов, начиная с 6 Бэв/с.

Авторы выражают благодарность Е. Богдановичу, В.Г. Гришину и М.И. Подгорецкому за полезные дискуссии, а также Н. Смирновой, Л. Масловой и Т. Стройковой за помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. Я.Я. Шаламов, В.А. Шабанов. ЖЭТФ, 39, 1232, 1960.
2. G. Bellini, E. Fiorini, A. Orkin-Lecourtois. Phys. Lett., 4, 164 (1963).
3. Р.А. Арипов, В.Г. Гришин, Л.В. Сильвестров, В.Н. Стрельцов. ЖЭТФ, 43, 394, 1962.
4. S.J. Goldsack, L. Riddiford, B. Tillani, B.R. French, W.W. Neale, J.R. Norbury, I.O. Skillicorn, W.T. Davies, M. Demik, J.H. Mulvey and D. Radojicic. Nuovo Cim., 23, 941 (1962).

5. P. Babu, R. Cowsik and Yash Pal. Nuovo Cim., 29, 785 (1963).
6. Л.Б. Окунь, И.Я. Померанчук. ЖЭТФ, 30, 424, 1956.
7. T.I. Kanarek, E.I. Maltsev, T. Nagy, I. Nagy, A. Prokeš, G.M. Stashkov, E.P. Ustenko, I.V. Chuvilo, U.N. Shkobin. Proc. of the Int. Conf. on High Energy Accelerators and Instrumentation, CERN (1959).
8. Л.П. Коновалова, Л.С. Охрименко, З.С. Стругальский. ПТЭ, 6, 26, 1961.
9. Я. Даныш, З. Стругальский, О. Чижевский. Препринт Р-1144, Дубна, 1962.
10. А. Филипповский, Т. Канарек. Материалы Международной конференции по физике высоких энергий в Кракове, 1963 (в печати).
11. Л. Элтон. Размеры атомных ядер, Москва. Издат. Ин. Лит., 1962.
12. R.M. Frank, J.L. Gammel and K.M. Watson. Phys. Rev., 101, 891 (1956).
13. F.H. Webb, E.I. Iloff, F.H. Featherston, W.W. Chupp, G. Goldhaber and S. Goldhaber. Nuovo Cim., 8, 899 (1958).

Рукопись поступила в издательский отдел
17 марта 1964 г.

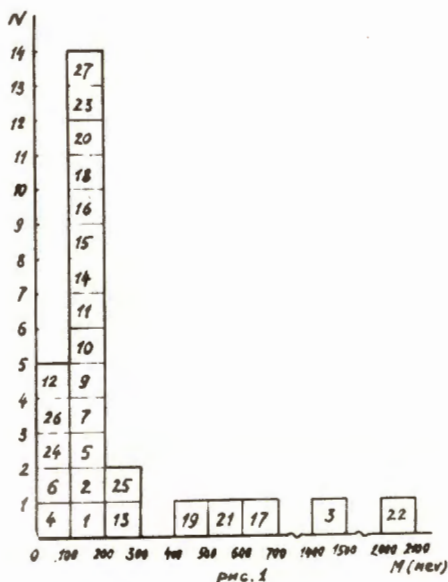


Рис. 1. Распределение случаев с $N_{\gamma} = 2$ и суммарной энергией γ -квантов $E_1 + E_2 \geq 4$ Гэв по эффективным массам $m_{\gamma\gamma}$.

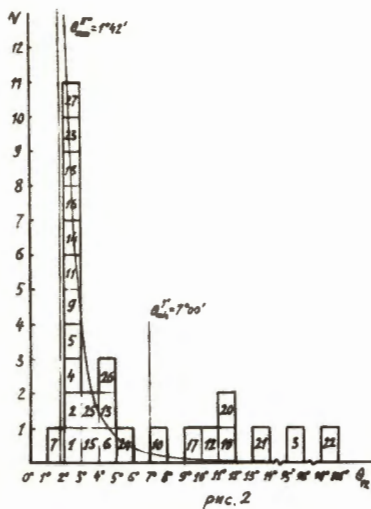


Рис. 2. Распределение случаев с $N_\gamma = 2$ и суммарной энергией γ -квантов $E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2} \geq 4$ ГэВ по углу разлета γ^1 -квантов в л.с.

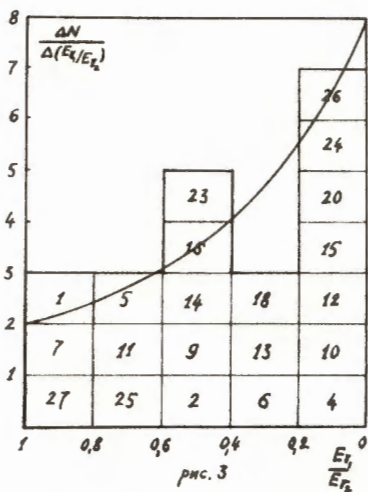


Рис. 3. Распределение случаев с $N_\gamma = 2$, суммарной энергией γ -квантов $E_{\gamma_1} + E_{\gamma_2} \geq 4$ ГэВ и эффективной массой $m_{\gamma\gamma}$, в пределах двукратной ошибки, совпадающей с массой π^0 -мезона, по отношению энергий γ -квантов.