



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

Р.А. Арипов, В.Г. Гришин, Л.В. Сильвестров, В.Н. Стрельцов

P-928

О ПЕРЕЗАРЯДКЕ π^- -МЕЗОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 7-8 БЭВ НА ПРОТОНАХ

Дубна 1962 год

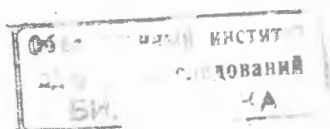
Р.А. Арипов^{х)}, В.Г. Гришин, Л.В. Сильвестров, В.Н. Стрельцов

P-928

О ПЕРЕЗАРЯДКЕ π^- -МЕЗОНОВ
С ЭНЕРГИЕЙ 7-8 БЭВ НА ПРОТОНАХ

Направлено в ЖЭТФ

х) Сотрудник Физико-технического института АН Узбекской ССР.



1409/3 чз.

А н н о т а ц и я

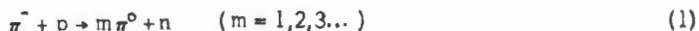
Исследовалось рождение π^0 -мезонов в реакциях:



при импульсе π^- -мезонов 7-8 Бэв/с. Среднее число π^0 -мезонов на одно взаимодействие оказалось равным $2,8 \pm 0,2$. Угловое распределение γ -квантов в системе центра инерции анизотропно и имеет максимум в направлении вперед. Оценена верхняя граница сечения перезарядки $\sigma(\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n) \leq 0,2$ мб.

Abstract

Neutral pion production in the reactions



has been investigated at the momentum of negative pions of 7-8 BeV/c. The average number of neutral pions per interaction was found to be 2.8 ± 0.2 . The angular distribution of γ -quanta in the c.m.s. is anisotropic and has the maximum in the direction forward. The upper limit of the charge exchange cross section has been estimated to be $\sigma(\pi^- + p \rightarrow \pi^0 + n) \leq 0.2$ mb.

1. Изучались процессы взаимодействия π^- -мезонов с протонами, в которых не образуются заряженные частицы (так называемые ноль-лучевые события).

Обрабатывались стереоснимки, полученные при облучении 24-литровой пропановой камеры в магнитном поле π^- -мезонами. Дважды было просмотрено на репроекторах около 30000 стереоснимков. Найдено 376 случаев реакции (1). Эффективность нахождения ноль-лучевых событий составляет 96%. Изучалась зависимость этой эффективности от загруженности камеры π^- -мезонами, от расстояния интересующего нас случая до ближайшего трека, от геометрического положения события в камере.

Оказалось, что вероятность нахождения ноль-лучевых событий не меняется в пределах ошибок при разбиении всех найденных случаев по группам в зависимости от какого-либо параметра, указанного выше.

Найденные случаи исчезновения π^- -мезонов сопровождалась 198 γ -квантами, которые образовали электронно-позитронные пары в эффективной области камеры. Вероятность нахождения электронно-позитронных пар равна 99%.

Зарегистрированные события измерялись на микроскопах УИМ-21 и обсчитывались на электронно-счетной машине ОИЯИ. Для каждого γ -кванта, который образовал пару, определялся "потенциальный пробег" в эффективной области камеры и рассчитывался "статистический вес" - w_i (см. работу Биргер и др. /1/). Оказалось, что $\sum_{i=1}^{198} w_i = 1968 \pm 160$, т.е. средняя эффективность регистрации γ -квантов в выбранной области камеры равна $(10 \pm 0,8)\%$. Отсюда среднее число π^0 -мезонов на одно ноль-лучевое взаимодействие равно $2,8 \pm 0,2$. Грубая оценка множественности π^0 -мезонов, полученная из соотношения случаев исчезновения, сопровождающихся двумя электронно-позитронными парами (38 событий), к случаям с одной парой (98 событий), дает величину 4 ± 1 . Средняя множественность π^0 -мезонов, вычисленная по статистической теории множественного рождения, равна трем /2/. Угловое распределение γ -квантов в системе центра инерции, практически совпадающее при этих энергиях с угловым распределением π^0 -мезонов, анизотропно и имеет резкий максимум в направлении вперед (рис. 1). Отметим также, что указанное угловое распределение γ -квантов не отличается в пределах ошибок от аналогичного распределения для π^- -мезонов в двухлучевых звездах, полученного в работе Биргер и др. /1/ при изучении неупругих взаимодействий π^- -мезонов с протонами. Энергетическое распределение γ -квантов в лабораторной системе показано на рис. 2.

2. Нами была определена граница сечения перезарядки π^- -мезонов на протонах. Оценка была сделана тремя различными способами, которые дали примерно одинаковые результаты.

а) Предположим, что π^0 -мезоны, образованные в реакциях перезарядки (а при больших энергиях π^0 -мезонов и их распадные γ -кванты) летят в основном в том же интервале углов, что и π^- -мезоны, упруго рассеянные на протонах, т.е. в область углов соответствующих дифракционному рассеянию. Для π^- -мезонов с энергией 7-8 Бэв речь идет об углах $0-20^\circ$ в системе центра инерции /3/. В нашем случае в этот интервал углов летят 300 γ -квантов (см. рис.1). Однако, часть из них образована в результате неупругих взаимодействий π^- -мезонов с протонами, в которых рождаются несколько π^0 -мезонов или странные частицы. Так, случаи исчезновения π^- -мезонов, сопровождающиеся тремя и

четырьмя электронно-позитронными парами (пять событий) или странными частицами (четыре события), представляют собой неупругие процессы взаимодействия частиц. Для ноль-лучевых звезд, которые сопровождаются двумя электронно-позитронными парами, был проведен кинематический анализ. Он заключался в вычислении эффективной массы двух γ -квантов, которые образовали эти пары. Если эффективная масса в пределах экспериментальных ошибок получалась равной массе π^0 -мезона (т.е. наблюдаемые электронно-позитронные пары могли быть образованы γ -квантами от распада одного π^0 -мезона), то вычислялась его энергия и угол по отношению к первичному π^- -мезону. Отсюда можно было определить является ли данный случай неупругим событием или не противоречит перезарядке. В результате такого анализа 14 случаев исчезновения с двумя парами, из которых одна находится в области углов, соответствующих дифракционному рассеянию, оказались неупругими событиями. Предположим, что все оставшиеся случаи есть случаи перезарядки, тогда

$$\sigma_{\text{н.л.}} \leq 0,32 \pm 0,06 \text{ мб.}$$

Изменение выбранной области углов на $5^\circ - 10^\circ$ меняет полученный результат на $\sim 10\%$.

б) Среди найденных ноль-лучевых звезд, сопровождающихся двумя парами, имеются только три события, которые не противоречат кинематике реакции перезарядки:



Ошибки в измерениях импульсов и углов заряженных частиц не дают возможности сделать однозначное заключение о том, что эти случаи соответствуют реакции (2). Однако, отсюда можно получить другую, независимую оценку верхней границы сечения перезарядки. С учетом вероятности регистрации таких случаев будем иметь

$$\sigma_{\text{н.л.}} \leq 0,3 \text{ мб.}$$

в) Наконец, верхнюю границу сечения обменного рассеяния (2) можно получить, зная какое число событий из 376 соответствует процессам рождения нескольких π^0 -мезонов. Определим это число неупругих событий по исчезновениям π^- -мезонов, которые сопровождаются двумя электронно-позитронными парами. Кинематический анализ показал, что 35 случаев этого типа соответствуют неупругим процессам. Оценим эффективность регистрации этих случаев. Для этого сделаем грубое предположение о том, что вероятность регистрации γ -квантов в камере не зависит от их энергетического и углового распределения и равна средней эффективности их обнаружения (10%). Отсюда легко подсчитать, что вероятность обнаружения исчезновения π^- -мезона, сопровождающегося двумя парами, при средней множественности рождения π^0 -мезонов в ноль-лучевых звездах равной трем составляет 0,1. Следовательно, число неупругих взаимодействий π^- -мезонов с протонами в нашем случае равно 350. Отсюда

$$\sigma_{\text{н.л.}} \leq 0,1 \begin{matrix} +0,25 \\ -0,1 \end{matrix} \text{ мб.}$$

Итак, различные способы определения верхней границы сечения перезарядки дали одинаковые результаты.

В изложенных выше способах все случаи исчезновения первичных π^- -мезонов относились к случаям взаимодействия на водороде. Это только завышало оценку верхней границы сечения. Несомненно, что часть из этих событий есть взаимодействие π^- -мезонов с углеро-

дом, входящим в состав пропана (C_3H_8). Имеются довольно грубые оценки доли этих случаев.

В работе Банника и др.^{/4/} было показано, что при соударениях π^- -мезонов с ядром углерода, в которых оно получает малый импульс отдачи, можно считать, что ядро углерода ведет себя эффективно как свободный нуклон. В этом случае доля событий на углероде составляет около 30%.

Аналогичный результат был получен в работе Шаламова и Шебанова^{/5/}. Они нашли, что доля ноль-лучевых звезд по отношению к полному числу взаимодействий π^- -мезонов с ядрами фреона ($A \approx 20$) и ксенона ($A = 131$) составляет соответственно $(0,9 \pm 0,1)\%$ и $(0,5 \pm 0,2)\%$ при импульсе 2,8 Бэв/с. Нами была найдена величина этого отношения для взаимодействия π^- -мезонов с импульсом 7 Бэв/с с ядрами ксенона - $(0,7 \pm 0,2)\%$ ^{x)}. Из этих данных можно сделать заключение, что доля ноль-лучевых звезд по отношению ко всем взаимодействиям π^- -мезонов с веществом слабо зависит от атомного номера ядер мишени и от энергии π^- -мезонов в интервале 3-7 Бэв.

Отсюда, предполагая, что доля ноль-лучевых звезд по отношению ко всем неупругим взаимодействиям π^- -мезонов с энергией 7-8 Бэв с ядрами углерода составляет $(0,7-0,9)\%$ и зная полное сечение неупругих взаимодействий π^- -мезонов с углеродом ($\sigma_{in} \approx 200 \text{ мб}$ ^{/4/}), можно найти число исчезновений на углероде в нашем случае. Оно составляет около 30% по отношению ко всем найденным исчезновениям.

Следовательно, сечение перезарядки π^- -мезонов с энергией 7-8 Бэв на водороде будет меньше 0,2 мб.

3. Можно оценить нижнюю границу сечения перезарядки, используя данные о сечениях упругого рассеяния π^+ и π^- -мезонов на протонах.

Как известно, в силу изотопической инвариантности дифференциальные сечения этих процессов связаны между собой соотношением:

$$2\sigma_{\bullet x}(\theta) > (\sqrt{\sigma_+(\theta)} - \sqrt{\sigma_-(\theta)})^2. \quad (3)$$

В настоящее время не имеется данных по дифференциальному сечению упругого рассеяния π^+ -мезонов на протонах при больших энергиях. Поэтому нет возможности сделать заключения о сечении перезарядки, исходя из неравенства (3).

В.И. Огиевецкий указал нам на возможность получения неравенства для полных сечений, перечисленных выше процессов. Действительно, интегрируя неравенство (3) по телесному углу и используя неравенство Коши, получим:

$$2\sigma_{\bullet x} > (\sqrt{\sigma_+} - \sqrt{\sigma_-})^2. \quad (4)$$

Отсюда можно оценить нижнюю границу полного сечения перезарядки, зная σ_+ и σ_- . Однако, полное сечение π^- -рассеяния неизвестно. Если предположить, что оно отличается

x) Авторы признательны сотрудникам группы ксеноновых камер Лаборатории высоких энергий ОИЯИ за предоставление камерных фотографий.

от полного сечения $\pi^- p$ - рассеяния на ту же величину, что и полные сечения взаимодействия π -мезонов с водородом $(\sigma_t(\pi^- p) - \sigma_t(\pi^+ p)) \approx 1,8 \text{ мб}^{/7/}$, то получим

$\sigma_{ex} \geq 0,07 \text{ мб}$. Полученная оценка нижней границы σ_{ex} указывает на то, что сечение перезарядки может быть в несколько раз меньше, чем определенная величина верхней границы. Измерение полного сечения упругого рассеяния π^+ -мезонов на протонах позволило бы точно указать нижнюю границу сечения перезарядки.

Авторы благодарны Б.П.Баннику, И.М.Граменицкому, В.Б.Любимову, В.И.Огиевецкому, М.И.Подгорецкому за обсуждение результатов работы и ценные советы, сотрудникам группы пропановых камер ЛВЭ ОИЯИ за предоставление камерных фотографий, а также М.А.Балашовой, Т.А.Журавлевой, О.В.Кольге, М.И.Филипповой, В.Д.Шопковой и Н.В.Шариковой за просмотр стереоснимков и измерения.

Л и т е р а т у р а

1. Н.Г.Биргер, Ван Ган-чан, Ван Шу-цзен, Дин Да-цао, Ю.В.Катышев, Е.Н.Кладницкая, Д.К.Копылова, В.Б.Любимов, Нгуен Дин Ты, А.В.Никитин, М.И.Подгорецкий, М.И.Соловьев, З.Трка. ЖЭТФ, 41, 1461, 1961 г.
2. М.И.Дымент, Г.И.Копылов. Препринт ОИЯИ Р-581.
3. Ван Ган-чан, Ван Шу-цзен, Дин Да-цао, В.Г.Иванов, Ю.В.Катышев, Е.Н.Кладницкая, Л.А.Кулюкина, Нгуен Дин Ты, А.В.Никитин, С.З.Отвиновский, М.И.Соловьев, Р.Сосновский, М.Д.Шафранов. ЖЭТФ, т. 38, 426 стр. 1960 г.
4. Б.П.Банник, А.М.Гальпер, В.Г.Гришин, Л.П.Котенко, Л.А.Кузин, Е.П.Кузнецов, Г.И.Мерзон, М.И.Подгорецкий, Л.В.Сильвестров. ЖЭТФ, 41, 1394 стр. 1961 г.
5. Я.Я.Шаламов, В.А.Шебанов. ЖЭТФ, 39, 1232 стр. 1960 г.
6. В.Г.Гришин, В.А.Никитин, М.И.Подгорецкий. Препринт ОИЯИ Р-480, 1960 г.
7. G. Von Dardel et. al. Phys. Rev. Let. 7, 127 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
1 марта 1962 года.

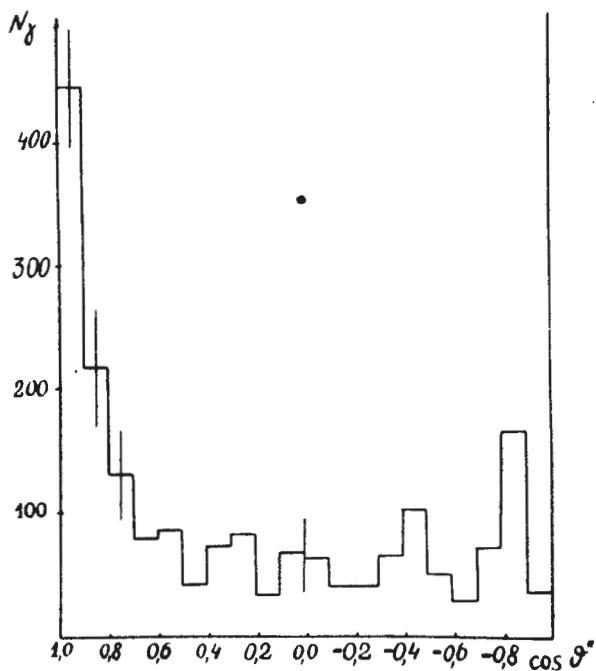


Рис. 1. Угловое распределение γ -квантов в системе центра инерции.

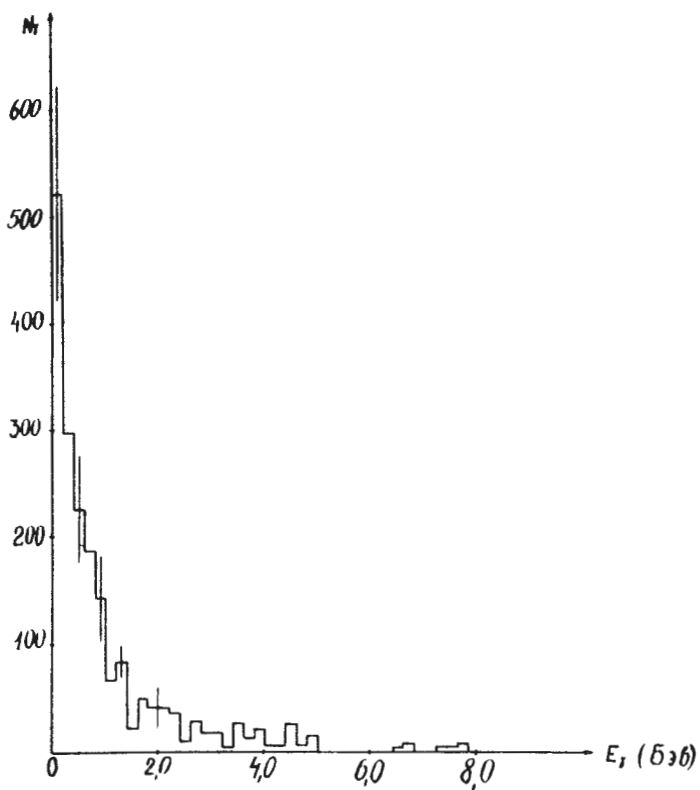


Рис. 2. Энергетическое распределение γ -квантов в лабораторной системе.