

сообщения
Объединенного
Института
Ядерных
Исследований
Дубна

9
+

1246/2-81

9/III-81

P1-80-802

Р.М.Лебедев, Б.Чадраа,* Г.Шархуу*

РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯДА
В РАЗЛИЧНЫХ КОНЕЧНЫХ СОСТОЯНИЯХ
 π^-p -ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ ПРИ 5 ГэВ/с

* Институт физики и техники АН МНР

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе представлены результаты исследования передачи заряда в π^-p -взаимодействиях при 5 ГэВ/с.

Фрагментационные модели предсказывают, что при асимптотических энергиях суммарный заряд в передней полусфере в ЦМ должен быть равен заряду налетающей частицы, а в задней полусфере - заряду мишени. Однако эксперименты показывают, что между передней и задней полусферами имеет место передача заряда. До сих пор этот вопрос подробно не изучался в зависимости от типов и числа рождаемых частиц в конечном состоянии реакции, в частности в случае, когда рождаются π^- -мезоны и нейтроны. Настоящая работа имеет целью заполнить этот пробел.

Мы представляем здесь наиболее важные распределения заряда по переменным $Y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + P_{||}}{E - P_{||}}$ и $X = \frac{P_{||}}{P_{\max}}$ в ЦМ для каналов реакций, приведенных в табл.1.

Результаты настоящей работы основаны на статистике 23146 событий π^-p -взаимодействий, полученных при обработке пленки со 100-сантиметровой водородной камеры ОИЯИ. Все расчеты проводились на ЭВМ CDC-6500 ОИЯИ.

В упругом канале для случаев рассеяния на малые углы при просмотре возникают большие потери событий. Поэтому при определении сечения упругого канала мы вводили поправки, используя распределения рассеянных частиц по азимутальному углу.

В табл.1 приведены распределения событий по каналам реакции и соответствующие им значения сечений.

Для вычисления сечений каналов $\pi^-p \rightarrow p\pi^-z'$ и $\pi^-p \rightarrow p\pi^+\pi^-z'$ использована изоспиновая статистическая модель, которая дает следующие значения сечений:

$\pi^-p \rightarrow p\pi^-\pi^0\pi^0$	- 1,38±0,010 мб,
$\rightarrow p\pi^-\pi^0\pi^0\pi^0$	- 0,52±0,010 мб,
$\rightarrow p\pi^-\pi^0\pi^0\pi^0\pi^0$	- 0,078±0,003 мб,
$\rightarrow p\pi^-\pi^0\pi^0\pi^0\pi^0\pi^0$	- 0,022±0,001 мб,
$\rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^0$	- 3,19±0,067 мб,
$\rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$	- 1,71±0,033 мб,
$\rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0\pi^0$	- 0,34±0,014 мб,
$\rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^0\pi^0\pi^0\pi^0$	- 0,124±0,005 мб.

Таблица 1

Канал реакции	Число событий	Сечения /мб/
1 $\pi^- p \rightarrow p \pi^-$	314,0	$6,5 \pm 0,8^{/7/}$
2 $p \pi^+ \pi^0$	151,5	$152,0 \pm 0,09^{/7/}$
3 $n \pi^+ \pi^-$	242,5	$2,18 \pm 0,13^{/7/}$
4 $p \pi^+ \pi^0$	422,5	$1,99 \pm 0,014$
5 $n \pi^+ \pi^- \pi^0$	819,0	$5,36 \pm 0,076$
6 $p \pi^+ \pi^- \pi^0$	3389,0	$1,91 \pm 0,04^{/8/}$
7 $p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^0$	3689,0	$1,94 \pm 0,04^{/8/}$
8 $n \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^0$	1557,2	$1,10 \pm 0,03^{/8/}$
9 $p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^0$	2905,0	$1,93 \pm 0,04^{/8/}$
10 $n \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^0$	3336,3	$2,18 \pm 0,04^{/8/}$
11 $p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^0$	903,0	$0,24 \pm 0,010^{/8/}$
12 $p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$	1157,0	$0,32 \pm 0,012^{/8/}$
13 $n \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$	331,5	$0,09 \pm 0,006^{/8/}$
14 $p \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$	386,5	$0,11 \pm 0,007^{/8/}$
15 $n \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^- \pi^- \pi^- \pi^0$	406,0	$0,11 \pm 0,007^{/8/}$

Оценка показывает, что сечениями каналов с числом π^0 -мезонов 6 /для состояний с протоном/ и 5 /для состояний с нейтроном/ можно пренебречь.

2. ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В передней полусфере передаваемый заряд вычисляется как величина

$$\Delta Q = \sum_i Q_i - Q_a,$$

где Q_i - заряд i -й частицы, Q_a - заряд налетающей частицы.

Определим в конкретном канале сечение рождения частиц, суммарный заряд которых равен ΛQ . выражением

$$\sigma_{tr} = \frac{1}{c} (\sum_i Q_i \sigma_i - Q_a \sigma_k), \quad /16/$$

где c - знак передаваемого заряда; $Q_i \cdot \sigma_i$ - заряд и сечение i -й частицы; $Q_a \cdot \sigma_k$ - заряд налетающей частицы и сечение канала. Отсюда

$$\Lambda Q = \frac{c \sigma_{tr}}{\sigma_k} = \frac{\sum_i Q_i \sigma_i - Q_a \sigma_k}{\sigma_k}. \quad /17/$$

В табл.2 даны σ_{tr} и ΛQ для различных каналов и топологий. Из таблицы видно, что по мере увеличения числа вторичных частиц наблюдается тенденция роста ΛQ . Отметим, что при одинаковом количестве частиц в конечном состоянии величина ΛQ при переходе к реакции с перезарядкой протона систематически больше, чем в противном случае. С другой стороны, для малых множественностей рождение π^0 -мезона значительно меняет величину ΛQ ; например, ΛQ увеличивается в 2 раза при переходе от реакции $\pi^- p \rightarrow p \pi^+ \pi^- \pi^-$ к реакции $\pi^- p \rightarrow p \pi^+ \pi^0 \pi^- \pi^-$.

Эти факты показывают, что при детальном исследовании зарядового распределения необходимо учитывать перезарядку протонов и рождение π^0 -мезонов. На рис.1 показано распределение ΛQ в зависимости от множественности заряженных частиц n_{ch} . Видно, что ΛQ растет с увеличением n_{ch} . Из этого же рисунка видно, что передача заряда уменьшается с увеличением энергии первичной частицы. Полученные нами значения ΛQ при 5 ГэВ/с, а также при более высоких энергиях 4,10 не противоречат предсказаниям фрагментационной $'1'$ и мультипериферической моделей $'2'$.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯДА ПО Y

Распределения

$$\frac{dQ}{dY} = \frac{1}{\sigma_c} \left[\frac{d\sigma}{dY}(p) + \frac{d\sigma}{dY}(\pi^+) - \frac{d\sigma}{dY}(\pi^-) \right], \quad /18/$$

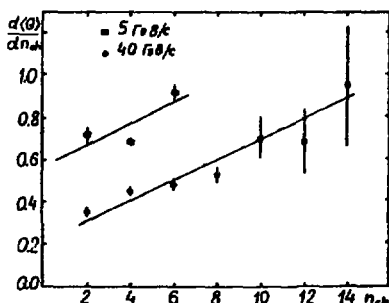
где σ_c - соответственно сечение канала или топологии, показаны на рис.2-5. Видно, что в передней полусфере распределение отрицательного заряда достигает максимума, а затем убывает. Можно утверждать, что положение максимума при переходе от од-

Таблица 2

Канал реакции	δ_{tz} (мбн)	$\langle \Delta Q \rangle$
I	7,084±0,042	0,013±0,006
2	0,435±0,066	0,29±0,050
3	1,5795±0,119	0,72±0,072
4	1,3625±0,083	0,65±0,050
5	4,254±0,160	0,87±0,044
6	0,560±0,018	0,28±0,010
7	1,108±0,024	0,60±0,016
8	0,976±0,026	0,900±0,033
9	1,471±0,032	0,72±0,021
10	2,280±0,40	0,98±0,024
11	0,228±0,008	0,84±0,041
12	0,297±0,009	0,86±0,037
13	0,104±0,006	1,05±0,080
14	0,109±0,006	0,94±0,069
15	0,132±0,006	1,09±0,075
2 луч.(с упр.)	7,717±0,653	0,45±0,041
2 луч.(неупр.)	7,631±0,387	0,71±0,037
4 луч.	6,395±0,113	0,69±0,014
6 луч.	0,871±0,025	0,91±0,035
Все (с упр.)	14,980±0,663	0,54±0,027
Все (неупр.)	14,896±0,404	0,700±0,023

ного канала к другому перемещается по Y /рис.2/. В задней полусфере относительно положительного заряда наблюдается такая же картина. Рассматривая положение максимумов для разных каналов, трудно сделать определенное заключение о закономерности в перемещении максимума по оси Y . Однако если рассмотреть распределения по тополгиям, то можно утверждать, что с увеличением числа заряженных частиц /рис.3/ максимум смещается к центральной области.

Наши результаты показывают, что увеличение количества рождаемых частиц /включая нейтральные/ увеличивает передачу заря-



да из одной полусферы в другую, т.е. отрицательные и положительные заряды начинают смешиваться в обеих полусферах.

Рис. 1. Зависимость среднего значения передаваемого заряда от множественности заряженных частиц. Прямые проведены по методу наименьших квадратов.

Положительное значение $\frac{dQ}{dY}$ в передней полусфере расположено в центральной области или вблизи от нее, а отрицательное значение $\frac{dQ}{dY}$ в задней полусфере, наоборот, находится ближе к нижней границе по оси Y . Учитывая, что при нашей энергии $Y_{max}^{\pi} \approx 3, Y_{min}^{\pi} \approx -3$ и $Y_{max}^{\pi} \approx 1.24, Y_{min}^{\pi} \approx -1.24$, мы могли бы считать, что положительное $\frac{dQ}{dY}$ обусловлено вперед летящими протонами, однако такая же картина наблюдается и в каналах без протонов.

Мы наблюдали также, что при большей множественности вторичные частицы в основном рождаются в центральной области.

В работе '11' показано, что в центральной области при асимптотических энергиях зарядовые распределения стремятся к предельной величине, равной нулю, а в работах '12,13' также высказана идея о возможности локальной компенсации электрического заряда.

Наши данные показывают, что в центральной области имеет место компенсация заряда при $|Y| \rightarrow 0$ независимо от количества частиц, образующихся в конечном состоянии, а dQ/dY меняет знак в окрестности точки $Y = 0$.

На рис. 4 распределение dQ/dY сравнивается с данными, полученными при более высоких энергиях '14'. Видно, что закономерности, наблюдаемые для этого распределения при 5 ГэВ/с, сохраняются в широком диапазоне энергий /5÷369 ГэВ/с/.

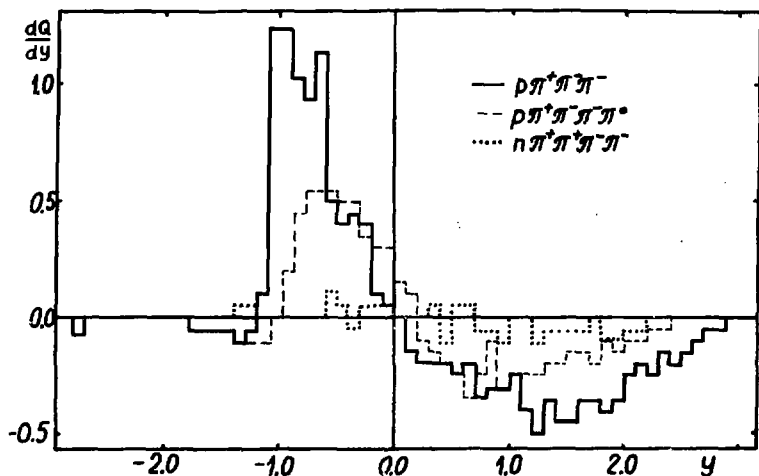


Рис.2. Распределение заряда по быстротам для различных каналов четырехлучевых событий при 5 ГэВ/с.

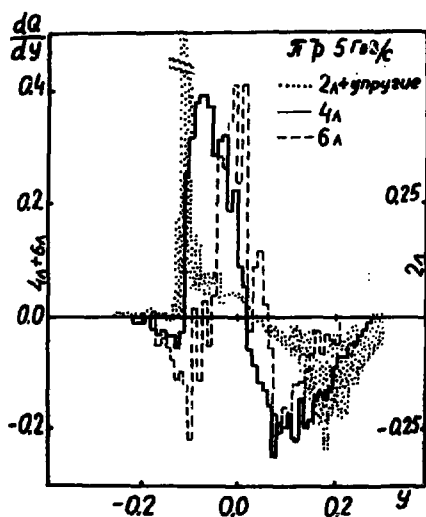


Рис.3. Распределение заряда по быстроте событий разной топологии для $\pi^- p$ -взаимодействий при 5 ГэВ/с.

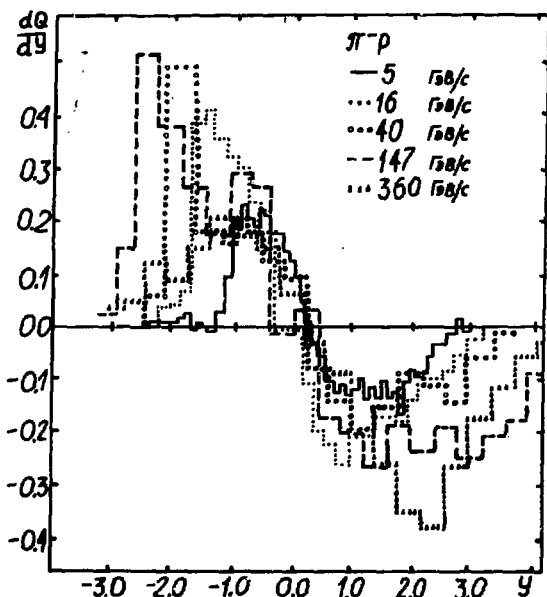


Рис.4. Распределение заряда по быстроте для π-p-взаимодействий при различных значениях импульса пучка.

4. РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАРЯДА ПО X

На рис.5,6 представлены распределения

$$\frac{dQ}{dX} = \frac{1}{\sigma_c} \left[\frac{d\sigma}{dX}(p) + \frac{d\sigma}{dX}(\pi^+) - \frac{d\sigma}{dX}(\pi^-) \right]. \quad /19/$$

Следует отметить преимущества этих распределений по сравнению с распределениями по Y. Из соотношения $\frac{dY}{dX} = \frac{P_{\max}}{E}$ следует, что при $\Delta Y = 0,1$ соответствующие интервалы ΔX изменяются от 0,01 ($P_{\parallel} = 0$) до 0,1 ($(P_{\parallel}) = P_{\max}$). Поэтому в нашем случае, когда $\Delta X = 0,02$ и $\Delta Y = 0,1$, детали будут проявляться в распределениях по Y в центральной области, а в распределениях по X - в фрагментационной области.

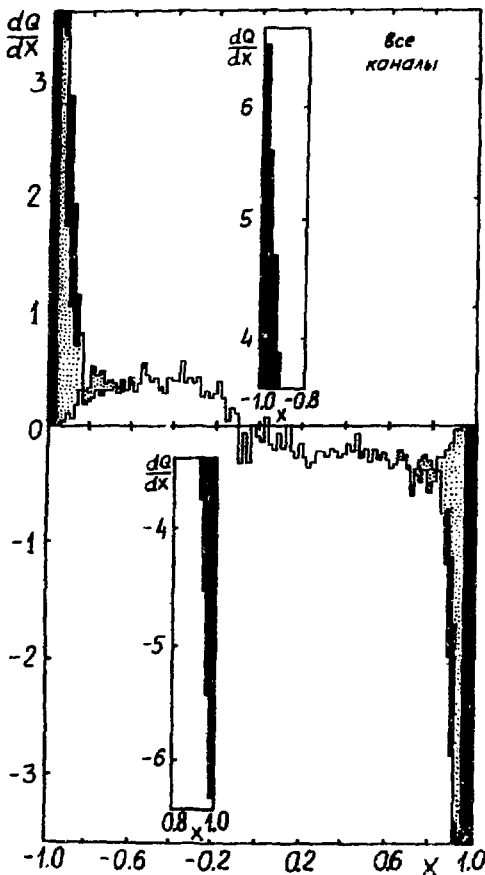


Рис. 5. Суммарное распределение заряда по X для π^-p -взаимодействий при 5 ГэВ/с. Часть распределения, затененная точками и зачернения, — вклад упругого π^-p -рассеяния с учетом поправок.

время как в передней полусфере лидируют обе заряженные частицы, π^+ - и π^- -мезоны. Трудно представить себе механизм, в котором независимо и одновременно получили бы "лидирующий" импульс сразу π^+ - и π^- -мезоны. Наиболее разумно предположить, что

Отметим, что протоны, дающие вклад во фрагментационную область в распределениях по X , могут давать вклад в центральную область в распределениях по Y . Кроме того, частицы, имеющие одинаковые P_{\perp} , но разные P_{\parallel} могут давать вклад в одно и то же место в распределениях по Y .

Рассмотрим более внимательно распределения частиц с различными зарядами по P_{\perp} для канала $p\pi^+\pi^-\pi^-$ совместно с распределениями $\frac{dQ}{dX}$ для конечных состояний $p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-\pi^-$ и $p\pi^+\pi^+\pi^-\pi^-$.

В работе [15] для состояния $p\pi^+\pi^-\pi^-$ было показано, что в заднюю полусферу избыточный положительный заряд переносится лидирующими протонами с $P_{\parallel} > 0.6$, а в переднюю — π^- -мезонами.

Для каналов с перезарядкой [рис. 6], как в случае 6-лучевых событий, так и в случае 4-лучевых, по всей оси X наблюдается компенсация положительных и отрицательных зарядов. Обращает на себя внимание тот факт, что за нейтроном сохраняется роль лидирующей в задней полусфере частицы, в то

2. При изучении механизма передачи заряда необходимо учитывать рождение π^0 -мезонов и перезарядку протона, а также эффекты образования резонансов.

3. Наблюдается приблизительная компенсация заряда в центральной области, которая не зависит от количества вторичных частиц.

Авторы выражают благодарность коллегам и лабораториям сотрудничества Дубна - Берлин - Бухарест - Улан-Батор, совместно с которыми проводилась обработка π^0 - γ -взаимодействий при 5 ГэВ/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chou T.T., Yang C.N. Phys.Rev., 1973, D7, p.1425.
2. Quigg C., Thomas G.H. Phys.Rev., 1973, D7, p.2752.
3. Morrison D.R.O. Nucl.Phys., 1973, B67, p.93.
4. Кладницкая Е.Н. и др. ОИЯИ, П1-8859, Дубна, 1975.
5. Шархуу Г. ОИЯИ, P2-10436, Дубна, 1977.
6. Morrison D.R.O. CERNID.Ph.11/PHYS 73-46, 1973.
7. Bracci E. et al. CERN/HERA 72-1, 1972.
8. Глаголев В.В. и др. ОИЯИ, P1-6846, Дубна, 1972.
9. Виноградов В.Б. и др. ОИЯИ, P1-5471, Дубна, 1970.
10. Levman G. et al. Phys.Rev., 1976, D14, p.711.
11. Vercautern S. et al. JINR, E2-7257, Дубна, 1973.
12. Fong D. et al. Phys.Lett., 1976, 61B, p.99.
13. Bromberg C. et al. Phys.Rev., 1975, D12, p.1224.
14. Cerny V. et al. In: Proc. of the V Int. Seminar on High Energy Phys.Probl., Дубна, 1978, p.20-29.
15. Боресков К.Г. и др. ОИЯИ, P1-8164, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 декабря 1980 года.