

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

1615/2-81

30/15-81

1-80-858

О.Б.Абдинов, А.Т.Абросимов, Н.М.Агабабян,
Г.Б.Арутюнов, М.Р.Атаян, А.А.Байрамов,
Ю.А.Будагов, Ш.Валкар, Н.Г.Григорян,
Г.Р.Гулкян, А.М.Дворник, А.Р.Канемян,
Ж.К.Карамян, Э.А.Киракосян, С.А.Корчагин,
Ю.Ф.Ломакин, А.А.Маилов, Н.Н.Тарасова,
В.Б.Флягин, Ю.Н.Харжеев, Д.И.Хубуа

ОБРАЗОВАНИЕ БЫСТРЫХ
ПОЛОЖИТЕЛЬНО ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ
В ПИОН-УГЛЕРОДНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ 5 ГэВ/с

1980

1. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время появился ряд работ по исследованию процессов множественной генерации частиц в многонуклонных взаимодействиях^{/1,2/}. В настоящей работе приводятся результаты исследования пион-углеродных соударений, сопровождающихся образованием только положительно заряженных и нейтральных частиц, т.е. таких соударений, в которых участвуют два и более внутриядерных нуклонов /протонов/. Получение данных о кинематических характеристиках положительных частиц, о корреляциях в их выходах может дать новые сведения о наличии высокоспиновых экзотических связанных состояний в системах π^+ -мезон-протон. Предсказания относительно существования некоторых из них /например, в системе $\pi^+\pi^+\rho$ с $I \geq 5/2$ / сделаны в теоретических работах /3-5/. Отметим, впрочем, что вопрос о существовании резонансов с $I \geq 5/2$ окончательно еще не является решенным^{/6/}.

2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Экспериментальный результат получен на метровой пропановой пузырьковой камере Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ /ПК-200/, экспонированной в пучке π^- -мезонов с импульсом 5 ГэВ/с^{/7/}. При просмотре около 70 тысяч стереофотографий были отобраны такие пион-углеродные взаимодействия, в которых среди вторичных частиц не наблюдается отрицательно заряженных, но есть хотя бы одна положительно заряженная*, т.е.

$$\pi^- C \rightarrow n_1 \pi^+ + n_2 p + n_3 y + X. \quad /1/$$

Здесь n_1 и n_2 - количество идентифицированных π^+ -мезонов и протонов соответственно, причем в n_1 включены также неидентифицированные положительно заряженные частицы с импульсами $P \geq 700$ МэВ/с; n_3 - количество зарегистрированных y -квантов; X - ядро-остаток и нейтральные странные V^0 -частицы /все измеренные в этой работе величины, если особо не оговорено,

* Данные, относящиеся к $n_1 = 1$, т.е. к процессам двойной перезарядки /ДП/, были получены нами ранее^{/8/} на меньшей статистике, в настоящей работе они будут частично дополнены.

относятся к случаю, когда число V^0 -частиц равно нулю/. π^- -мезоны с импульсами менее 60 ГэВ/с из-за короткого пробега в ПК-200 /менее 3 см/ могут приниматься за протоны. Как было показано нами в работе ^{18/}, примесь таких π^- -мезонов в n_1 не превышает 4%.

Примесь протонов (κ) в n_1 определялась по известной методике подсчета δ -электронов. Оказалось, что в процессах /1/ при $n_1 \geq 2$ среди неидентифицированных частиц с $P > 1000$ МэВ/с основную долю составляют протоны, $\kappa = 160 \pm 15\%$ *. Отметим, что образование высокоэнергетических протонов в пион-ядерных взаимодействиях наблюдалось также в работах ^{19,10/}.

3. ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ СЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ

При вычислении топологических сечений σ учтены эффективный объем камеры и эффективность просмотра событий, введена коррекция на статистическое разделение неидентифицированных частиц в соответствии с результатом предыдущего раздела. В табл. 1 приведены результаты вычисления σ в мб, средних множественностей идентифицированных протонов $\langle n_p \rangle$ и π^0 -мезонов $\langle n_{\pi^0} \rangle$, причем значения даны отдельно для случаев, когда в процессах /1/ количество зарегистрированных V^0 -частиц равно нулю (σ) и не равно нулю (σ_{V^0})

Таблица 1

n_{π^+}	σ	σ_{V^0}	$\langle n_p \rangle$	$\langle n_{\pi^0} \rangle$
0	$2,20 \pm 0,11$	$0,20 \pm 0,03$	$1,72 \pm 0,05$	$1,60 \pm 0,15$
1	$2,04 \pm 0,38$	$0,35 \pm 0,05$	$0,95 \pm 0,02$	$1,36 \pm 0,23$
2	$0,95 \pm 0,08$	$0,12 \pm 0,03$	$1,28 \pm 0,08$	$1,72 \pm 0,25$
3	$0,33 \pm 0,05$	$0,02 \pm 0,01$	$0,96 \pm 0,08$	$1,83 \pm 0,45$
4	$0,05 \pm 0,02$	$0,02 \pm 0,01$	$0,77 \pm 0,04$	$2,78 \pm 0,64$
5	$0,02 \pm 0,01$	-	-	$2,15 \pm 1,04$

Из приведенных здесь сечений и средних множественностей вторичных частиц ранее были определены лишь сечения процессов ДП $\sigma_{1/8/}$ и $\sigma_{1/11/}$, а также средние множественности вторичных протонов в этих процессах. Измеренное нами ранее на меньшей

* Величина κ для процессов /1/ с $n_1 = 1$ определялась нами ранее и равна 26% ^{18/}.

статистике σ_1 в пределах ошибок совпадает с ныне полученным значением $\sigma_1 = /3,04 \pm 0,38/$ мб. Величина $\sigma_1^{V^0}$, измеренная в пропан-фреоновой ($\langle A \rangle = 22,5$) пузырьковой камере при 3,7 ГэВ/с/11/, составляла $/0,65 \pm 0,19/$ мб, что превышает полученное нами значение $\sigma_1^{V^0} = /0,35 \pm 0,05/$ мб. Это расхождение частично может быть обусловлено различием в атомных номерах ядер-мишеней и в импульсах первичной частицы.

Для сравнения приведем топологические сечения σ^M , вычисленные нами по каскадно-испарительной модели /КИМ/. Для $n_1 = 1$, т.е. процессов типа ДП, $\sigma_1^M = 5,3$ мб, что существенно превышает экспериментальную величину. Модель не описывает также данные при $n_1 > 2$. Например, при $n_1 = 3$ $\sigma_3^M = 0,09$ мб, тогда как эксперимент дает $\sigma_3 = /0,33 \pm 0,05/$ мб.

Отметим, что полное топологическое сечение процессов пион-углеродных взаимодействий без образования отрицательных частиц составляет $/7,28 \pm 0,41/$ мб.

Средняя множественность π^0 -мезонов, приведенная в табл.1, определялась по формуле /2/ через среднюю множественность γ -квантов $\langle n_\gamma \rangle$ с учетом их средней эффективности регистрации $\langle \epsilon_\gamma \rangle$, которая в условиях эксперимента равна 0,14.

$$\langle n_{\pi^0} \rangle \approx \frac{1}{2} \langle n_\gamma \rangle / \langle \epsilon_\gamma \rangle. \quad /2/$$

В табл.2 приведены средние множественности вторичных частиц для процессов /1/ при $n_1 \geq 2$ и для сравнения - данные, полученные по КИМ. Экспериментальные величины получены с учетом статистического разделения неидентифицированных положительных частиц.

Таблица 2

$\langle n \rangle$	Эксперимент	Модель
$\langle n_{\pi^+} \rangle$	$2,28 \pm 0,04$	$2,10 \pm 0,01$
$\langle n_p \rangle$	$1,02 \pm 0,07$	$1,03 \pm 0,03$
$\langle n_{\pi^0} \rangle$	$1,57 \pm 0,30$	$2,27 \pm 0,05$

Как видно из табл.2, модель по сравнению с экспериментом дает несколько заниженное количество π^+ -мезонов, столько же протонов и заметно большее количество π^0 -мезонов.

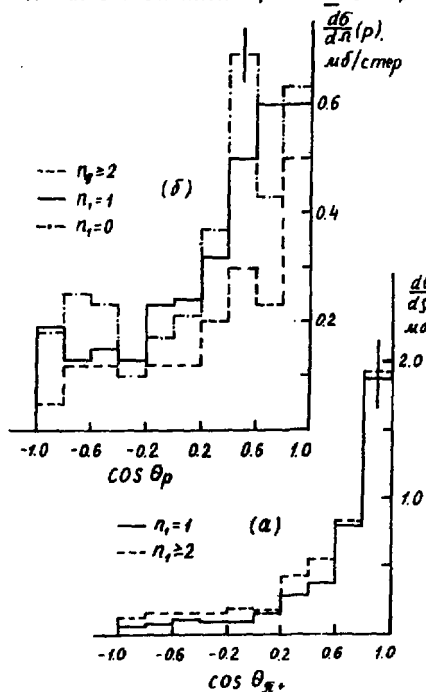
КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВТОРИЧНЫХ ЧАСТИЦ

В табл.3 приведены средние значения импульсов протонов, π^+ - и π^0 -мезонов в МэВ/с, образующихся в процессах /1/ и во всех π^-C -взаимодействиях.

Таблица 3

Процесс	ДП ($n_1 = 1$)	$n_1 \geq 2$	Все π^- C
$\langle P_{\pi^+} \rangle$	1035 \pm 69	683 \pm 26	858 \pm 5
$\langle P_p \rangle$	302 \pm 8	474 \pm 41	309 \pm 1
$\langle P_{\pi^0} \rangle$	870 \pm 50	796 \pm 40	860 \pm 4
$\delta_p, \%$	55 \pm 6	48 \pm 8	53 \pm 1

Значения $\langle P_{\pi^+} \rangle$ и $\langle P_p \rangle$ для событий с $n_1 \geq 2$ получены с учетом статистического разделения неидентифицированных частиц. Как видно, $\langle P_{\pi^0} \rangle$ близки друг другу во всех трех категориях процессов. Доля импульса первичной частицы, уносимой π^+ -мезонами, больше всего в процессах ДП и составляет $\eta = 21 \pm 1\%$ в согласии с величиной $\eta = 22 \pm 1\%$ в работе [11].



В последней строчке табл. 3 приведены число протонов (δ_p), импульсы которых не превышают 300 МэВ/с. Величины δ_p в трех категориях процессов примерно одинаковы и составляют около 50%. Угловое распределение π^+ -мезонов, образующихся в процессах π/π в лабораторной системе, показано на рис. 1а. Более половины π^+ -мезонов вылетает вперед под углами меньше 45° ; число π^+ -мезонов, вылетающих назад, составляет около 12% от их общего числа.

Рис. 1. Распределение $\frac{d\delta}{d\Omega}$ в зависимости от косинуса угла вылета π^+ -мезонов/а/ и протонов /б/.

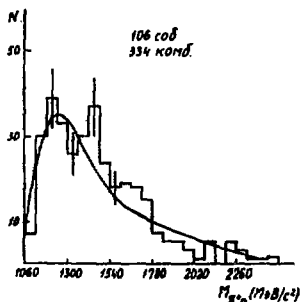


Рис. 2. Распределения по эффективным массам π^+p -систем.

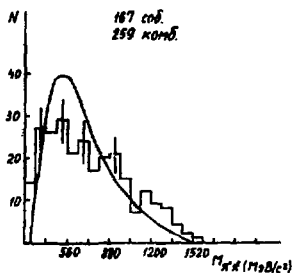


Рис. 3. Распределения по эффективным массам $\pi^+\pi^+$ -систем.

Угловое распределение протонов, образующихся в процессах /1/, в задней полусфере, т.е. в области кумулятивного образования протонов, в пределах статистических ошибок близко к изотропному, а в передней полусфере несколько вытянуто вперед /рис.16/.

На этом же рисунке штрих-пунктирными линиями показано угловое распределение протонов, образующихся в процессах /1/, когда $\eta_1 = 0$. Как видно, в задней полусфере угловое распределение может быть изотропным, а в передней полусфере наблюдается особенность при угле 57° .

На рис.2 приведены распределения по эффективным массам системы π^+p из событий с $\eta_1 \geq 2$; гистограмма - эксперимент, кривая - фон по КИМ. Распределения получены с учетом статистического разделения неидентифицированных частиц. Имеется некоторое превышение числа событий над фоном в районе массы $M_{\pi^+p} \approx 1480$ МэВ/с² /отклонение за $\approx 2,5$ стандартных ошибки/. С целью проверки проявления влияния статистического разделения неидентифицированных частиц были построены распределения по M_{π^+p} при двух крайних предположениях относительно этих частиц: в первом случае все они считались протонами, а во втором - π^+ -мезонами. При этом особенность вблизи 1480 МэВ/с² также проявляется.

В распределениях по эффективным массам $\pi^+\pi^+$ -систем из процессов /1/ при $\eta_1 \geq 2$ /рис.3/ каких-либо значимых особенностей не наблюдается.

С целью более подробного изучения природы наблюдаемого превышения: является ли оно статистической флуктуацией, распадом связанного состояния с массой $M_{\pi^+p} = 1480$ МэВ/с² или кинема-

тическим отражением распада более сложной системы типа $\pi^+ \pi^+ p^-$ исследования будут продолжены на большей статистике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кратко суммируем основные результаты настоящей работы.

1. Измерены топологические сечения процессов /1/ при $p_1 \geq 0$, средние множественности и кинематические характеристики вторичных частиц в этих процессах. Полное топологическое сечение процессов /1/ составляет $7,28 \pm 0,41$ мб.

2. Показано, что каскадно-испарительная модель плохо описывает процессы /1/.

3. В распределениях по $M_{\pi^+ \pi^+}$ и $M_{\pi^+ p}$ каких-либо значимых особенностей на данном статистическом материале не наблюдается.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ангелов Н.С. и др. ЯФ, 1977, т.26, с.811; Бацкович С. и др. ЯФ, 1977, т.26, с.1034; ЯФ, 1978, т.28, с.999.
2. Абдинов О.Б. и др. ОИЯИ, P1-11034, Дубна, 1977.
3. Григорян А.А., Кайдалов А.Б. Письма в ЖЭТФ, 1978, т.28, с.318-322.
4. Hegedüs E. et al. Z.Phys., 1969, 225, p.121-124; Abramovici A. et al. Z.Phys., 1972, 255, p.446-449.
5. De Crombrugge M. et al. Ref. TH 2537-CERN, 1978.
6. Goldhaber S. et al. In: Int. Conf. on NER, Dubna, 1964, p.1474-1487; Klein P.R. et al. Phys.Rev., 1966, 150, No.4, p.1123; Вишневский В.Ф. и др. ОИЯИ, P1-3146, Дубна, 1967; Johnson D. Phys.Lett., 1971, 34B, No.5, p.428; Бекетов Г.В. и др. ЯФ, 1978, 28, вып.5/11/, с.1266; Абдивалиев А. и др. ОИЯИ, P1-12126, Дубна, 1979.
7. Богомолов А.В. и др. ПТЭ, 1964, 1, с.61.
8. Агабабян Н.М. и др. ОИЯИ, P1-11158, Дубна, 1977.
9. Yeager W.M. et al. Phys.Rev.D., 1977, vol.16, No.5, p.1294.
10. Арефьев А.В. и др. Письма в ЖЭТФ, 1974, т.20, 68, с.585; ЯФ, 1978, т.27, 63, с.716.
11. Бирюков Ю.А. и др. ЯФ, 1980, 32, с.694.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 декабря 1980 года.