

A-646

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



12/11-74

P1 - 7844

2266/2-74

Н.Ангелов, В.Г.Гришин, П.Керачев

КОРРЕЛЯЦИИ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ
НЕЙТРАЛЬНЫХ И ЗАРЯЖЕННЫХ П-МЕЗОНОВ

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 7844

Н.Ангелов, В.Г.Гришин, П.Керачев

КОРРЕЛЯЦИИ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ
НЕЙТРАЛЬНЫХ И ЗАРЯЖЕННЫХ П-МЕЗОНОВ

Направлено в ЯФ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Введение

Исследования инклюзивных процессов при высоких энергиях / $E \geq 40 \text{ ГэВ}$ / показали, что имеется существенная корреляция по множественности в рождении π^+ - и π^0 - мезонов. Было обнаружено, что среднее число π^0 -мезонов ($\langle n_0^- \rangle$) при фиксированном числе вторичных π^- -мезонов (n_-) растет с увеличением $n_-^{1-4/}$. Эти первые результаты, несомненно, указывают на новую особенность в рождении частиц, принадлежащих к одному изомультиплету, при высоких энергиях сталкивающихся адронов. Предложен целый ряд моделей для количественного описания этого явления /5-7/.

Дальнейшие эксперименты обнаружили существование сильной корреляции между $\pi^+\pi^-$ -мезонами и $\pi^-\pi^0$ -мезонами в центральной области при значениях быстрот частиц $y \leq 1$, в то время как корреляции между тождественными π^- -мезонами значительно меньше /8,9/. При исследовании π^-p -взаимодействий при $p = 40 \text{ ГэВ}/c$ было получено, что в центральной области $\langle n_0^- \rangle = \langle n_- \rangle = \langle n_+ \rangle$ в пределах ошибок $\pm 7\%$ /10/.

Таким образом, на примере π^- -мезонов мы имеем первые экспериментальные данные по корреляциям для частиц, относящихся к одному изомультиплету. Поэтому представляет интерес рассмотрение этих экспериментальных фактов с точки зрения изотопических свойств рожденных π^- -мезонов. В §1 будут приведены первые данные о дисперсии распределения π^0 -мезонов по множественности, во втором параграфе мы рассмотрим следствия, вытекающие из изотопической инвариантности сильных взаимодействий и линейной корреляции по множественности между π^0 - и π^- -мезонами.

§1. Дисперсия распределения π^0 -мезонов по множественности в π^-p -взаимодействиях при $p = 40 \text{ ГэВ}/c$

В работе /1/ было определено, что среднее число π^0 -мезонов при $p = 40 \text{ ГэВ}/c$, образованных в π^-p -взаимодействиях, равно $\langle n_0 \rangle = 2,43 \pm 0,05$.

Большой интерес представляет вид распределения по множественности π^0 -мезонов. Однако для получения этого распределения необходима большая статистика зарегистрированных γ -квантов от распадов π^0 -мезонов.

В связи с этим мы вычислили только дисперсию распределения π^0 -мезонов по множественности. Для этой цели мы использовали данные по множественности γ -квантов в π^-p -взаимодействиях, полученные на 2-метровой пропановой камере, облученной π^- -мезонами с импульсом $40 \text{ ГэВ}/c$. Дисперсия распределения π^0 -мезонов (D_{π^0}) связана с дисперсией распределения зарегистрированных γ -квантов (D_γ) соотношением

$$D_\gamma = 4\bar{\epsilon}^2 D_0 + \langle n_0 \rangle D_0, \quad /1/$$

где $\bar{\epsilon}$ - средняя эффективность регистрации γ -квантов / $\bar{\epsilon} = 0,24$ / и D_0 - дисперсия распределения γ -квантов по множественности от распада одного π^0 -мезона*.

В случае, если вероятность регистрации одного γ -кванта не зависит от другого, то $D_0^{(1)} = 2\bar{\epsilon}(1-\bar{\epsilon})$. В другом крайнем случае, когда $\epsilon_1 = \epsilon_2$, имеем $D_0^{(2)} = 2\bar{\epsilon}(1-\bar{\epsilon}) + 2D_\epsilon$, где D_ϵ - дисперсия распределения ϵ_i / $D_\epsilon = 0,008$ /. В результате было получено $D_{\pi^0}^{(1)} = 3,02 \pm 0,15$ для независимой регистрации γ -квантов и $D_{\pi^0}^{(2)} = 2,86 \pm 0,15$ в противоположном случае.

Таким образом, распределение π^0 -мезонов по множественности шире, чем пуассоновское ($D_0 \gg \langle n_0 \rangle$). Значения корреляционного коэффициента:

* $D = \langle n^2 \rangle - \langle n \rangle^2$.

ТАБЛИЦА I

Тип корреляции	ρ_2^{+-}	ρ_2^{++}	ρ_2^{+0}	ρ_2^{00}
Значения	1,93	-0,89	0,42	0,51
ρ_2	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,08$	$\pm 0,15$

$$\rho_2^{00} = D_0 - \langle n_0 \rangle = 0,59 \pm 0,15 \text{ или } 0,43 \pm 0,15. \quad /2/$$

Для дальнейших сопоставлений мы будем использовать

$$D_0 = \frac{D_0^{(1)} + D_0^{(2)}}{2} = 2,94 \pm 0,15 \quad /3/$$

и

$$\rho_2^{00} = 0,51 \pm 0,15.$$

В табл. 1 приведены значения ρ_2 для различных комбинаций зарядов вторичных частиц в $\pi^- p$ -взаимодействиях при $p = 40 \text{ ГэВ/с}$. Большая величина ρ_2^{+-} отражает корреляцию, связанную с законом сохранения заряда. Отрицательное значение ρ_2^{--} свидетельствует о сохранении заряда первичной частицы / π^- -мезона/ *. Корреляционные коэффициенты $\rho_2^{-0} \approx \rho_2^{00}$ и связаны с динамикой $\pi^- p$ -взаимодействия ($\rho_2 > 0$). Интересно отметить, что модель, в которой распределение по множественности всех вторичных частиц берется в виде феноменологической формулы Чижевского-Рыбицкого, а распад этих частиц по зарядовым состояниям вычисляется по статистической изоспиновой модели, дает хорошее согласие с экспериментальными данными / $\rho_2^{00} = 0,42$ /^{11/}.

§2. Корреляции между заряженными и нейтральными пионами

Эксперименты, проведенные на ускорителях в течение последних двух лет, показали, что имеются существенные корреляции в рождении нейтральных и заряженных пионов. В частности, была получена зависимость среднего числа π^0 -мезонов $\langle n_0 \rangle$ при фиксированном

* Действительно, если мы учтем первичную частицу, $\rho_2^{*-} = \langle (n-1)(n-2) \rangle - \langle n-1 \rangle^2 = \rho_2^{--} + 1 \approx 0$.

числе отрицательных частиц от $n_-^{1-4/}$. Эта зависимость хорошо описывается формулой

$$\langle n_- \rangle = a n_- + \beta. \quad /4/$$

Значения коэффициентов a и β при различных энергиях приведены в табл. 2. Как видно из таблицы, значение a растет с увеличением энергии, а β остается постоянным в пределах ошибок. Эксперименты, проведенные при $P_{\pi^-} = 40 \text{ ГэВ/с}$, показали, что значения a и β не зависят от сорта мишени для $\pi^- p$ -, $\pi^- p$ - и $\pi^- C^{12}$ столкновений. Плавное изменение значений a с энергией также показывает, что нет зависимости и от сорта падающей частицы / π или p /. Таким образом, обнаруженное явление, вероятно, определяется общими характеристиками процессов множественного рождения и не зависит от квантовых чисел первичных частиц.

В настоящее время имеются количественные описания зависимости /4/ как с помощью моделей мультипериферического типа, так и с помощью статистического подхода /^{5-7/}. В обоих случаях зависимость /4/ связана с предположением, что $n_0 \approx \frac{1}{2} n_{\pm}$.

В связи с этим мы рассмотрим только общие соотношения, вытекающие из изотопических свойств системы рожденных пионов и зависимости /4/. Используя /4/, нетрудно получить:

$$\langle n_0 \rangle = a \langle n_- \rangle + \beta. \quad /5/$$

Отсюда

$$a = \frac{\langle n_0 \rangle - \beta}{\langle n_- \rangle}. \quad /6/$$

С увеличением энергии сталкивающихся частиц $\langle n_- \rangle \rightarrow \infty$ и $\langle n_0 \rangle \rightarrow \langle n_- \rangle$, поэтому $a \rightarrow 1$ /^{12/}*

* Равенство $\bar{n}_0 = \bar{n}_- = \bar{n}_+$ при $s \rightarrow \infty$ связано с ограниченностью изотопического спина начальной системы ($T \leq 3/2$) /^{12/}. Этот результат является строгим при любой энергии для систем с $T=0$ / dd , Λd и т.д. /^{12/}. Он также верен для центральной области по u , если имело место $\mathcal{P}\mathcal{P}$ -взаимодействие /померонное взаимодействие/.

ТАБЛИЦА II

ТИП ВЗАИМО- ДЕЙСТВИЯ	ИМПУЛЬС (ГэВ/с)	α	β
I PP	12	-0,10±0,06	1,1±0,1
2 PP	19	0,06±0,10	1,2±0,2
3 П ⁺ P	24,6	0,13±0,07	1,8±0,2
4 П ⁻ p	25	0,16±0,06	2,0±0,6
5 П ⁺ P	40	0,32±0,04	1,90±0,12
6 П ⁻ n	40	0,30±0,04	1,82±0,23
7 П ⁺ C ¹²	40	0,32±0,04	1,64±0,11
8 pp	69	0,40±0,08	1,4 ±0,2
9 PP	205	0,60±0,20	1,8±0,8
10 PP	303	0,69±0,15	1,0±0,7
11 PP	1500	0,62±0,14	0,8

В этом выводе мы пренебрегли влиянием законов сохранения энергии-импульса, которые нарушают зависимость /4/ при $n_- \rightarrow n_{\max}$. Однако, как показывают экспериментальные данные, доля таких событий невелика и их вклад в $\langle n_0 \rangle$ и $\langle n_- \rangle$ составляет несколько процентов при $E_\pi = 40$ ГэВ и $E_p = 300$ ГэВ. Таким образом, исходя из изотопической инвариантности и /4/, мы получили, что при $s \rightarrow \infty$ коэффициент корреляции $\alpha \rightarrow 1$. Этот вывод совпадает с результатами вычислений по моделям /3-7/. Естественно ожидать, что при наблюдении зависимости /4/ в центральной области, где рождение частиц обусловлено PP-взаимодействием ($T=0$), значение α будет приближаться к единице быстрее, чем в области фрагментации / $T=1/2$ или 1/. Однако прямые экспериментальные данные по этому вопросу отсутствуют.

Другим следствием отсутствия изотопической поляризации является соотношение /13/

$$\overline{n_0^2} = \overline{n_-^2} + \overline{n_+ n_-} - \overline{n_- n_0} \quad /7/$$

Используя соотношение /4/, мы можем получить дополнительные соотношения между $\overline{n_i^2}$ для π -мезонов. Действительно, из /4/ следует:

$$\overline{n_- n_0} = \sum n_- \langle n_- \rangle > \frac{\sigma_{n^-}}{\sigma_{in}} = \alpha \overline{n_-^2} + \beta \quad /8/$$

С увеличением энергии первичных частиц $\alpha \rightarrow 1$, поэтому из /7/ и /8/ получаем:

$$\overline{n_-^2} = \overline{n_- n_0} \quad /9/$$

$$\overline{n_0^2} = \overline{n_+ n_-} \quad /10/$$

Отсюда для корреляционных коэффициентов имеем:

$$\rho_2^{--} = \rho_2^{-0} - \langle n_- \rangle \quad /11/$$

$$\rho_2^{00} = \rho_2^{+-} - \langle n_- \rangle \quad /12/$$

Соотношения /8/-/12/ должны выполняться в центральной области, если доминирует PP-взаимодействие.

Экспериментальные данные, полученные для π^-p -взаимодействий при $\pi^-p = 40$ ГэВ/с, показывают, что для всех рожденных пионов нельзя предполагать $T=0$ ($\bar{n}_0 \neq \bar{n}_- \neq \bar{n}_+$)*. С другой стороны, в центральной области $\bar{n}_0 = \bar{n}_- = \bar{n}_+$ в пределах ошибок эксперимента $\pm 7\%$ /10/. Данные по ρ_2^{ij} в центральной области пока отсутствуют.

Таким образом, рассматривая изотопические свойства системы рожденных пионов и учитывая наблюдаемую закономерность /4/, мы получили дополнительные соотношения между множественностями заряженных и нейтральных пионов. Эти соотношения могут быть полезны для определения ρ_2^{00} по заряженным частицам (ρ_2^{+-}).

Авторы выражают глубокую благодарность В.Л.Любошицу и М.И.Подгорецкому за многочисленные полезные обсуждения.

Литература

1. Будапешт - Бухарест - Варшава - Дубна - Краков - Серпухов - София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой. Сотрудничество. Препринты ОИЯИ, P1-6491, 1972; P1-6928, 1973. Препринт ИЯИ Варшава "P" N 1411/VII, PH, 1972; Nucl.Phys., B52 (1973) 414-42.
2. G.Charlton et al. Phys.Rev.Lett., 30, 574 (1973); Phys.Rev.Lett., 29, 1759 (1972); F.T.Dao, D.Gordon et al. NAL-Conf. 73/31, exp. 1973.
3. G.Neuhofer et al. XVI Int.Conf. on H.E.Phys., Batavia, 1972; J.W.Elbert et al. Nucl.Phys., B19, 85 (1970).
4. F.T.Dao, J.Whitemore. Phys.Lett., 46B, No. 2, 252 (1973).
5. В.Г.Гришин, С.П.Кулешов, В.А.Матвеев, А.Н.Сисакян, Г.Янчо. Препринт ОИЯИ, P2-6950, Дубна, 1973; JINR, E2-6596, Dubna, 1972; I.R.B.-TP-72-3 Zagreb, 1972; Let.Nuovo Cim., 8, 590 (1973).
6. Е.М.Левин, М.Г.Рыскин. Письма ЖЭТФ, 18, в. 10, 654-657 /1973/.

* $\bar{n}_0 = 2,43 \pm 0,05$, $\bar{n}_- = 2,8 \pm 0,02$, $\bar{n}_+ = 2,20 \pm 0,02$ /10,12/

7. E.M.Friedlander. Inst. of Atomic Phys., POB 35, Bucharest, Romania.
8. Алма-Ата - Будапешт - Бухарест - Варшава - Дубна - Краков - Москва - София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой. Сотрудничество. ОИЯИ, P1-7543, Дубна, 1973.
9. L.Fao. Experimental Review of High Multiplicity Reactions. Aix-en-Provence, 1973.
10. Будапешт - Бухарест - Дубна - Краков - София - Ташкент - Тбилиси - Улан-Батор - Ханой. Сотрудничество. ОИЯИ, P1-7668, Дубна, 1974.
11. M.Bardadin.Otwinowska, H.B.Bialkowska et al. Acta Physica Polonica, v. B4, 561 (1973).
12. В.Г.Гришин. ОИЯИ, P2-6357, Дубна, 1972; ЯФ, 17, 134 /1973/; В.Г.Гришин. ОИЯИ, P2-7032, Дубна, 1973; ЯФ, 19, 192 /1974/.
13. В.Л.Любошиц, М.И.Подгорецкий. ОИЯИ, P2-7807, Дубна, 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 апреля 1974 года.