

## МНОЖЕСТВЕННОЕ РОЖДЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В $\pi^-p$ - И $\pi^+n$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 Гэв/c

В. Г. ГРИШИН, С. П. КУЛЕШОВ, В. А. МАТВЕЕВ,  
А. Н. СИСАЖЯН, Г. ЯНЧО

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
(Поступила в редакцию 24 июля 1972 г.)

Предложена модель для совместного описания множественного рождения заряженных частиц в  $\pi^-p$ - и  $\pi^+n$ -взаимодействиях. Сравнение модели с экспериментальными данными при  $p = 40$  Гэв/c дает хорошее согласие. Определены значение среднего числа рожденных пар  $\pi^\pm$ -мезонов ( $\alpha = 1,81 \pm 0,02$ ) и коэффициент перезарядки нуклона ( $\beta = 0,36 \pm 0,04$ ). Предсказывается одинаковость распределения событий по заряженным вторичным частицам, например, для  $\pi^+p$ - и  $\pi^-p$ -,  $pp$ - и  $\bar{p}p$ -соударений.

### 1. Введение

В ряде работ последнего времени при попытке теоретического объяснения закономерностей процессов сильного взаимодействия в пределе высоких энергий была высказана идея об адронах как сложных системах с внутренними степенями свободы. Укажем на дроблетную [1] и партонную [2] модели, модель когерентных состояний [3].

В модели когерентных состояний предполагается, что состояния адронов в процессах сильного взаимодействия при высоких энергиях соответствуют когерентным состояниям сложной системы, спектр возбуждений которой в простейшем случае может быть описан четырехмерным релятивистским осциллятором. Как примечательный факт подчеркнем, что предсказания модели когерентных состояний находятся в качественном согласии с вычислениями в рамках моделей квантовой теории поля при использовании приближений, реализующих концепцию прямолинейных путей [4].

Отметим, что на когерентную природу взаимодействия адронов указывают также недавние работы по теории сильной связи [5] и по динамической составной модели [6].

Подход, основанный на модели когерентных состояний и концепции прямолинейных путей, был применен для изучения самых общих закономерностей множественного рождения частиц при высоких энергиях [2, 4, 7-9].

В последнее время в связи с проведением экспериментов на Серпуховском ускорителе появилась уникальная возможность проверки моделей множественного рождения частиц при высокой энергии. Однако для сравнения теории непосредственно с экспериментом необходим учет топической структуры и заряда частиц, который обычно игнорируется при качественном рассмотрении вопроса.

В настоящей работе предлагается попытка конкретного рассмотрения картины множественного рождения частиц при высоких энергиях, базирующейся на некоторых результатах и представлениях, полученных при изучении модели когерентных состояний и теоретико-полевых моделей в рамках приближения прямолинейных путей.

## 2. Модель множественного рождения пионов

В настоящее время имеется ряд модельных и эмпирических подходов [10-13] к описанию зарядовых соотношений для процессов множественного рождения частиц.

Наибольшее распространение при анализе экспериментальных данных получила так называемая модель Вовг-1 [10], опирающаяся на предположение о статистической независимости рождения пар заряженных частиц. Однако, как показывает сравнение с этой моделью экспериментальных данных, полученных в Серпухове на двухметровой пропорционной камере при облучении ее  $\pi^-$ -мезонами с энергией 40 Гэв [14], среднее число пар заряженных мезонов в  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -взаимодействиях оказывается различным, что, вообще говоря, противоречит представлениям об изоспиновой независимости.

Рассмотрим такую картину множественного рождения частиц в  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -взаимодействиях, при которой процесс идет путем статистически независимого рождения пар ( $\pi^+\pi^-$ )<sup>1)</sup>. Таким образом, имеет место пуассоновский характер распределения по числу пар заряженных частиц. Согласно предположению о статистической независимости средние числа этих пар не должны зависеть от типа сталкивающихся (лидирующих) частиц: таким образом, они являются одинаковыми для  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -столкновений. Кроме того, предположим, что лидирующий нуклон в процессе столкновения может диссоциировать на  $\pi$ -мезон и нуклон с локальным сохранением заряда.

В этой картине мы имеем дело со следующими каналами диссоциации лидирующего нуклона:

$$\left. \begin{array}{l} 1) N \rightarrow N \\ 2) N \rightarrow N\pi^0 \end{array} \right\} \text{ с вероятностью канала } \alpha,$$

$$3) N \rightarrow N'\pi^+ \text{ с вероятностью канала } \beta.$$

Условие сохранения вероятности дает соотношение

$$\alpha + \beta = 1. \quad (1)$$

В соответствии с исходными предположениями распределения по множественности примут следующий вид: для  $\pi^-p$ -столкновений

$$W_{n_{\pm}}(\pi^-p) = P_{n_{\pm}(n_{\pm}-2)}(a) \quad (2)$$

и для  $\pi^-n$ -столкновений

$$W_{n_{\pm}}(\pi^-n) = \alpha P_{n_{\pm}(n_{\pm}-1)}(a) + \beta P_{n_{\pm}(n_{\pm}-2)}(a), \quad (3)$$

где  $a$  — среднее число пар  $\pi^+\pi^-$ , а  $P_n(A)$  — пуассоновский фактор  $P_n(A) = e^{-A}(A^n/n!)$ . Среднее число заряженных частиц, как следует из формул (2) и (3), может быть представлено в виде

$$\langle n_{\pm} \rangle = \langle l_{\pm} \rangle + 2a, \quad (4)$$

где

$$\langle l_{\pm} \rangle_{\pi^-p} = 2, \quad (5)$$

$$\langle l_{\pm} \rangle_{\pi^-n} = \alpha + 3\beta = 1 + 2\beta. \quad (6)$$

Здесь  $l_{\pm}$  — число заряженных частиц среди продуктов диссоциации сталкивающихся частиц. Отсюда

$$\delta n_{\pm} = \langle n_{\pm} \rangle_{\pi^-p} - \langle n_{\pm} \rangle_{\pi^-n} = \alpha - \beta = 1 - 2\beta. \quad (7)$$

Из найденных формул нетрудно вычислить дисперсии ( $\sqrt{D} = \sqrt{\langle n^2 \rangle - \langle n \rangle^2}$ )

$$D_{\pi^-p} = 4a, \quad (8)$$

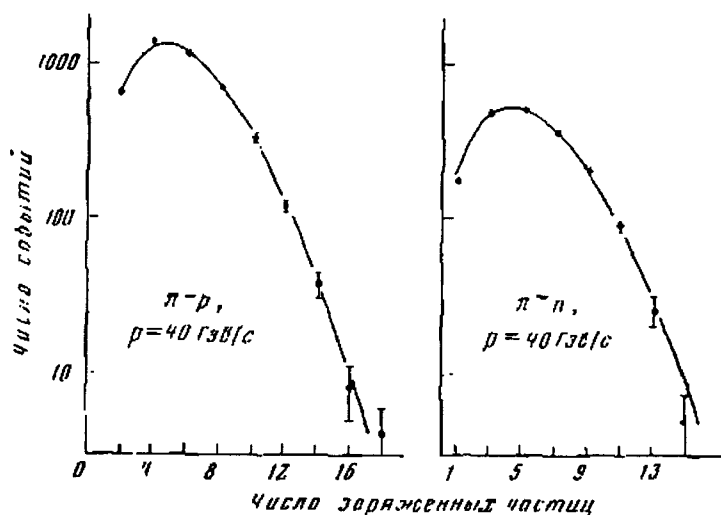
$$D_{\pi^-n} = 4a + 4\alpha\beta. \quad (9)$$

<sup>1)</sup> Рождение странных частиц для простоты не рассматривается.

Предложенная здесь простая картина может быть использована для сравнения с экспериментальными данными. В следующем разделе приводится ее сравнение с экспериментальными данными, полученными в Серпухове на двухметровой пропановой камере.

### 3. Сравнение модели с экспериментальными результатами по $\pi^-p$ - и $\pi^-n$ -соударениям при $p = 40 \text{ Гэв/с}$

Экспериментальные результаты, полученные при  $p = 40 \text{ Гэв/с}$ , по распределению событий по множественности вторичных заряженных частиц в  $\pi^-p$ -соударениях хорошо описываются моделью Вонга-I [14]. Другие модели (Вонг-II, Пуассон и т. д.) полностью исключаются. Результаты



фитирования распределений по множественности (Вонг-I) представлены в таблице. Как видно из таблицы,  $\pi^-n$ -взаимодействия описываются хуже. С другой стороны, в модели Вонга-I  $a_{\pi^+} = \frac{1}{2}(\bar{n}_+ - 2) = 1,81 \pm 0,02$  и  $a_{\pi^-} = \frac{1}{2}(\bar{n}_- - 1) = 2,16 \pm 0,04$ , т. е. средние числа пар ( $\pi^+\pi^-$ ) различны.

В связи с этим для совместного описания  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -взаимодействий использовалась модель, описанная в предыдущем разделе. В ней среднее

Таблица

Тип взаимодействия	Число событий	$\bar{n}_\pm$	$\sqrt{D}$	$\chi^2$	Степень свободы
$\pi^-p$	4400	$5,62 \pm 0,04$	2,75	8	8
$\pi^-n$	1860	$5,32 \pm 0,07$	2,82	13	7
$\pi^-n$	Фиг по предлагаемой модели			8,5	7

число пар  $\pi^\pm$ -мезонов ( $a$ ) одинаково для  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -взаимодействий и непосредственно определяется из  $\pi^-p$ -соударений (4), (5). В нашем случае  $a = 1,81 \pm 0,02$ . Параметры  $\alpha$  и  $\beta$  можно определить путем подгонки распределения (3) для  $\pi^-n$ -соударений при той же энергии. Результаты этого сравнения дали следующие значения:

$$\alpha = 0,64 \pm 0,06, \quad \beta = 0,36 \pm 0,04.$$

С этими значениями параметров  $\alpha$  и  $\beta$  уравнение (7) дает

$$\delta n_\pm = 0,28 \pm 0,07,$$

что совпадает с экспериментальной величиной  $0,30 \pm 0,08$ . Уровень согласия теоретических и экспериментальных распределений для  $\pi^-p$ -взаимодействий оказался таким же, как и для  $\pi^-p$ -взаимодействий (см. таблицу и рисунок <sup>2)</sup>).

Таким образом, хорошее согласие предложенной выше модели с экспериментом позволяет сделать следующие выводы:

а) пары ( $\pi^+\pi^-$ )-мезонов, образованные в  $\pi^-p$ - и  $\pi^-n$ -соударениях, имеют одинаковые характеристики;

б) вероятность перезарядки нуклона при  $p = 40$  Гэв/с оказалась равной  $0,36 \pm 0,04$ ;

в) одинаковые распределения по множественности заряженных частиц должны быть, например, в  $\pi^+p$ - и  $\pi^-n$ -,  $pp$ - и  $p\bar{p}$ -взаимодействиях.

Мы признательны за полезные обсуждения Л. А. Слепченко и А. Н. Тавхелидзе.

#### Литература

- [1] J. Benecke, T. T. Chou, C. N. Yang, E. Yen. Phys. Rev., 188, 2159, 1970. C. N. Yang. Talk at the XV Intern. Conf. on High Energy Physics, Kiev, 1970.
- [2] R. P. Feynman. Phys. Rev. Lett., 23, 1415, 1969.
- [3] V. A. Matveev, A. N. Tavkhelidze. Preprint E2-5141, JINR, 1970. V. A. Matveev. Talk at the XV Intern. Conf. on High Energy Physics, Kiev, 1970.
- [4] B. M. Barbashov, S. P. Kuleshov, V. A. Matveev, V. N. Pervushin, A. N. Sissakian, A. N. Tavkhelidze. Phys. Lett., 33B, 484, 1970.
- [5] Е. П. Солодовникова, А. Н. Тавхелидзе, О. А. Хрусталева. ТМФ, 10, 162, 1972.
- [6] П. Н. Боголюбов. Препринт P2-5684, ОИЯИ, 1971.
- [7] B. Barbashov, S. Kuleshov, V. Matveev, V. Pervushin, A. Sissakian. Nuovo Cim., 4A, 731, 1971.
- [8] B. Barbashov, S. Kuleshov, V. Matveev, A. Sissakian, A. Tavkhelidze. Nuovo Cim., 4A, 182, 1971.
- [9] S. P. Kuleshov, V. A. Matveev, A. N. Sissakian. Preprint E2-5896, JINR, 1971; IHB-TP-72-3 preprint, Zagreb, 1972.
- [10] C. P. Wang. Nuovo Cim., 64A, 546, 1969; Phys. Rev., 180, 1463, 1969; Phys. Lett., 30B, 115, 1969.
- [11] O. Czyzewski, K. Rybicki. Report 703/PH, Institute of Nuclear Physics, Cracow, 1970.
- [12] G. F. Chew, A. Pignotti. Phys. Rev., 176, 2112, 1968.
- [13] В. Г. Гришин. Препринт P2-6357, ОИЯИ, 1972.
- [14] B.—B.—C.—D.—H.—S.—S.—T.—T.—U.—V.—W. Collabor. Preprint P1-6277, JINR; Phys. Lett., 39B, 571, 1972.

### MULTIPLE PRODUCTION OF CHARGED PARTICLES IN THE $\pi^-p$ AND $\pi^-n$ INTERACTIONS AT 40 GeV/c

V. G. GRISHIN, S. P. KULESHOV, V. A. MATVEEV,  
A. N. SISSAKIAN, G. YANCSO

The model for simultaneous description of multiple production of charged particles in  $\pi^-p$  and  $\pi^-n$  interactions is presented. Comparison of the model with the 40 GeV/c data shows a good agreement. The average number  $\alpha$  of the  $\pi^\pm$ -meson pairs produced is determined ( $\alpha = 1.81 \pm 0.02$ ) as well as the coefficient  $\beta$  of the nucleon charge exchange ( $\beta = 0.36 \pm 0.04$ ). The distribution of events over the secondary charged particles is predicted to be the same for e.g.,  $\pi^+p$  and  $\pi^-p$ ,  $pp$  and  $p\bar{p}$  collisions.

<sup>2)</sup> При фитировании варьировались также все параметры. Результаты в пределах ошибок совпали.