

90-201



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Б12

P1-90-201

Ц.Баатар, В.Г.Гришин, Г.Шархуу

ИЗУЧЕНИЕ ФЛУКТУАЦИЙ
ВО МНОЖЕСТВЕННОМ РОЖДЕНИИ ПИОНОВ
В π^-p - И π^-C -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
ПРИ 40 ГэВ/с

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1990

1. ВВЕДЕНИЕ

Одной из первоначальных информации, получаемых при исследовании процесса множественного рождения частиц с помощью детекторов с 4 π -геометрией, является множественность вторичных частиц.

Большие флуктуации плотности в распределении по быстроте (или псевдобыстроте) наблюдались в различных экспериментах при высоких энергиях, в частности, в столкновениях космических лучей с ядрами фотозмульсий ^{1/}, в адрон-адронных ^{2, 3/} и ядро-ядерных взаимодействиях ^{4/}.

Эти флуктуации интерпретируются с точки зрения различных возможных механизмов рождения адронов, таких как фазовые переходы ^{5/}, черенковское излучение адронов ^{6/}, ветвящиеся процессы ^{7/}, струйные модели адронов ^{8/} и т.д.

Авторами работ ^{7/} был предложен новый метод исследования этих флуктуаций по множественности адронов в зависимости от быстрых интервалов. Предлагается исследовать зависимость факториальных моментов порядка i , определяемых следующей формулой:

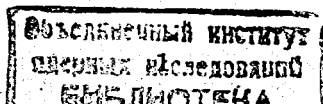
$$\langle F_i \rangle = \frac{1}{\langle \bar{n}_m \rangle^i} \langle \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M n_m (n_m - 1) \dots (n_m - i + 1) \rangle, \quad (1)$$

где

$$\langle \bar{n}_m \rangle = \langle \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M n_m \rangle.$$

Выбранный полный быстрый интервал Δu разделяется на число интервалов M , с размером $\delta u = \Delta u / M$. Через n_m обозначается множественность частиц в m -м интервале ($m = 1, 2, \dots, M$). Усреднение проводится по всем событиям. Основные результаты этих работ можно сформулировать следующим образом:

— если флуктуация имеет чисто статистический характер, тогда с уменьшением величины быстрых интервалов (δu) ожидается насыщение функции $\langle F_i \rangle$;



— если существует флуктуация динамического характера, тогда между величинами $\langle F_i \rangle$ и δy существует степенная зависимость следующего вида:

$$\langle F_i \rangle \sim \left(\frac{\Delta y}{\delta y} \right)^{f_i}, \quad f_i > 0. \quad (2)$$

Этот эффект может быть связан со стохастическим (перемежаемым) характером процесса. Этот динамический эффект в литературе обычно называют интермиттенсом (intermittency).

В настоящее время анализ, проведенный с помощью метода факториальных моментов экспериментальных данных по множественному образованию вторичных частиц в π^+p - и K^+p - взаимодействиях при 250 ГэВ/с^{9/}, в PEM -взаимодействиях при 200 и 800 ГэВ, в ^{16}O -взаимодействиях при 60 и 200 ГэВ/нуклон^{10/}, в $^{16}O + (C, Au)$ -реакциях при 200 ГэВ/нуклон^{11/} и в e^+e^- -аннигиляции в адроны при $\sqrt{s}=35$ ГэВ^{12/}, свидетельствует о существовании степенной зависимости (2) между величинами $\langle F_i \rangle$ и δy . Таким образом, получены первые указания о стохастическом характере процессов множественного рождения адронов.

В данной работе приводятся аналогичные экспериментальные результаты, полученные для π^-p - и π^-C -взаимодействий при первичном импульсе 40 ГэВ/с.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Экспериментальный материал получен с помощью 2-метровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ.

Камера была помещена в магнитное поле напряженностью 1,5 Тл и облучалась π^- -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с на серпуховском ускорителе. Средняя точность в определении импульсов вторичных частиц составляет ~12%, а средняя ошибка в измерении углов вылета — 0,6°.

Все вторичные отрицательные частицы считались π^- -мезонами. Средний граничный импульс, начиная с которого π^- -мезоны уверенно идентифицировались в пропановой камере, составляет 70 МэВ/с. Отметим, что среди вторичных положительных частиц производилась визуальная (по ионизации) идентификация протонов и π^+ -мезонов до импульса $\approx 0,8$ ГэВ/с. Остальные положительные частицы не идентифицировались и считались π^+ -мезонами. Другие методические особенности эксперимента подробно описаны в работах^{13,14/}.

Анализировались реакции следующего типа:



$$\pi^- + C \rightarrow \pi^\pm + X. \quad (4)$$

Статистика событий, использованных в этой работе, составляет 16686 π^-p -взаимодействий и 14645 π^-C -взаимодействий. Сюда также включены взаимодействия, образованные на квазисвободном нейтроне ядра углерода.

Быстрота вторичных частиц вычислялась по стандартной формуле

$$y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + p_{||}}{E - p_{||}}, \quad \text{где } E \text{ и } p_{||} \text{ — энергия и продольный импульс вторичных}$$

пионов. Быстротное разрешение составляет $\approx 0,04$. Был выбран полный быстротный интервал $0,2 \leq \Delta y \leq 4,2$, в лабораторной системе координат. При таком выборе быстротного интервала основная масса вторичных протонов обрезается ($y_p \leq 0,2$), и именно по этой причине все вторичные протоны исключены из рассмотрения. В выбранном нами быстротном интервале средние значения множественности вторичных пионов $\langle n \rangle_{\pi^\pm}$ для π^-p - и π^-C -взаимодействий составляют $4,52 \pm 0,02$ и $5,40 \pm 0,03$ соответственно.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПО π^-C -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯМ

На рис. 1 и 2 приводятся значения логарифма факториальных моментов $\langle F_2 \rangle$, $\langle F_3 \rangle$, $\langle F_4 \rangle$ и $\langle F_5 \rangle$, вычисленных по формуле (1), в зависимости от $-\ln \delta y$ в рассматриваемом нами быстротном интервале $\Delta y=4$ для π^-C - и π^-p -взаимодействий при первичном импульсе 40 ГэВ/с. Видно, что с уменьшением величины быстротных щелей (δy) функция $\ln \langle F_i \rangle$ увеличивается и данный эффект усиливается с увеличением порядка (i) факториальных моментов. Кроме того, видно, что в области $\delta y > 1$ имеется более сильная зависимость между величинами $\ln \langle F_i \rangle$ и δy , однако в области $0,2 \leq \delta y \leq 1$ наблюдается сравнительно слабая зависимость между этими величинами, т.е. в полном интервале Δy наблюдается зависимость с двумя различными наклонами. Более сильная корреляция между величинами $\ln \langle F_i \rangle$ и δy для $M \leq 4$, соответствующая быстротным интервалам $(\Delta y/M) \geq 1$, является известным результатом ближних корреляций, связанных с резонансными распадами вторичных частиц и др.

С целью сравнения с другими данными и определения величин наклонов в формуле (2) экспериментальная зависимость в области $4 \leq M \leq 20$ была аппроксимирована линейной зависимостью

$$\ln \langle F_i \rangle = A_i - f_i \ln M. \quad (3)$$

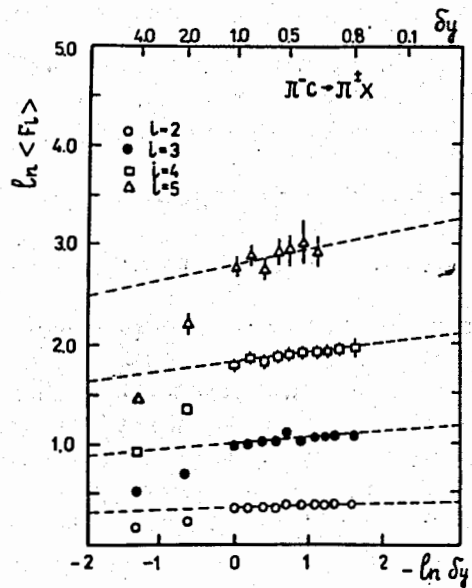


Рис. 1. Зависимость логарифма факториальных моментов ($\ln \langle F_i \rangle$) от $-\ln \delta y$ для π^-C -взаимодействий при 40 ГэВ/с.

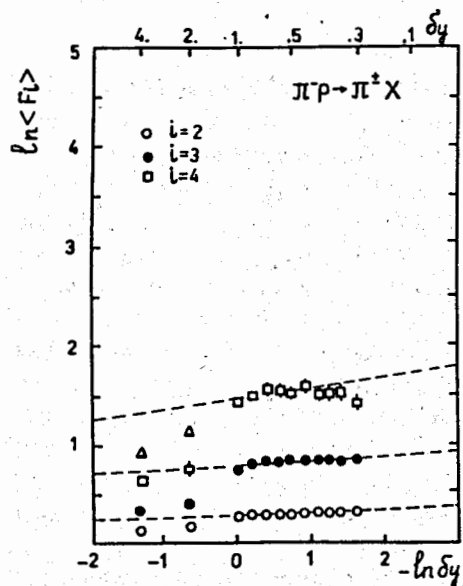


Рис. 2. Зависимость логарифма факториальных моментов ($\ln \langle F_i \rangle$) от $-\ln \delta y$ для π^-p -взаимодействий.

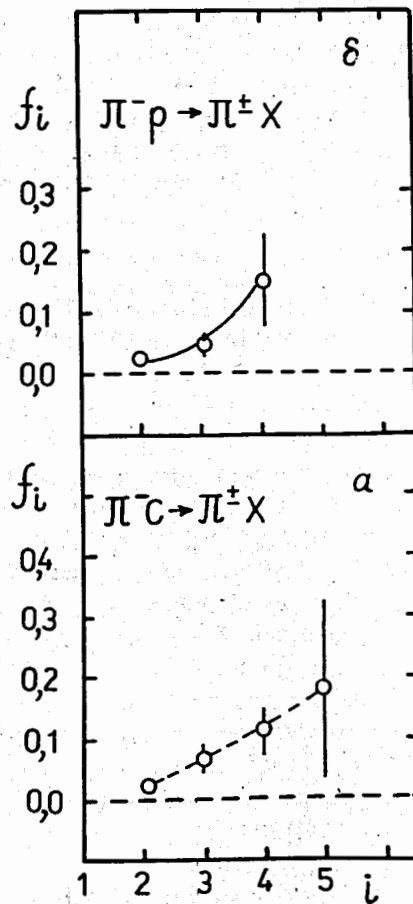


Рис. 3. Зависимость параметров наклона f_i от порядка моментов i для π^-C - (а) и π^-p -взаимодействий (б).

Таблица 1. π^-C -взаимодействия

	f_2	f_3	f_4	f_5
$\pi^-C \rightarrow \pi^+$	$0,026 \pm 0,008$	$0,067 \pm 0,018$	$0,113 \pm 0,041$	$0,185 \pm 0,153$
40 ГэВ/с				
χ^2/n	0,18	1,47	0,1	0,34
A_i	$0,329 \pm 0,017$	$0,898 \pm 0,039$	$1,645 \pm 0,084$	$2,516 \pm 0,153$
РЕм				
200 ГэВ	$0,027 \pm 0,002$	$0,063 \pm 0,011$	$0,129 \pm 0,030$	$0,202 \pm 0,060$

На рис. 3а представлена зависимость наклонов f_i от порядка моментов i для π^-C -взаимодействий. Видно, что с увеличением порядка моментов i увеличиваются и значения наклонов f_i в формуле (3). Численные значения параметров наклона f_i и A_i , полученные при аппроксимации данных по формуле (3) и χ^2 на одну степень свободы, приводятся в табл. 1. С целью сравнения в этой таблице приводятся также данные, полученные из РЕм-взаимодействий при 200 ГэВ^{/10/}. Отметим, что приведенные в табл. 1 численные значения параметров наклона f_i в этих двух различных экспериментах в пределах экспериментальных ошибок хорошо согласуются.

4. π^-p -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

На рис. 2 представлена аналогичная зависимость факториальных моментов $\ln \langle F_2 \rangle$, $\ln \langle F_3 \rangle$ и $\ln \langle F_4 \rangle$ от быструх щелей $-\ln \delta y$ для π^-p -взаимодействий. Характер зависимости примерно такой же, как в случае π^-C -взаимодействий. Следует отметить, что при аппроксимации данных, представленных на рис. 2 для моментов $\ln \langle F_2 \rangle$ и $\ln \langle F_3 \rangle$, были использованы все точки на рисунках. Однако в случае момента $\langle F_4 \rangle$ результат аппроксимации несколько зависит от числа выбранных точек. Поэтому приведенное в табл. 2 значение параметра наклона f_4 получено с использованием первых 6 точек ($4 \leq M \leq 10$). При аппроксимации всех 10 точек получается несколько заниженное значение параметра $f_4 = 0,052 \pm 0,043$. Такой характер для момента $\langle F_4 \rangle$, по-видимому, связан с небольшой множественностью вторичных частиц в π^-p -взаимодействиях по сравнению с π^-C -взаимодействиями.

На рис. 3б приводится зависимость параметров f_i от порядка моментов i для π^-p -взаимодействий. Видно, что как и в случае π^-C -

Таблица 2. π^-p -взаимодействия

	f_2	f_3	f_4	f_5
$\pi^-p \rightarrow \pi^+ \bar{p}$ 40 ГэВ/с	$0,019 \pm 0,007$	$0,044 \pm 0,019$	$0,149 \pm 0,069$	—
χ^2/n	0,51	0,83	0,76	—
A_1	$0,266 \pm 0,016$	$0,746 \pm 0,039$	$1,247 \pm 0,125$	—
$\pi^+p + K^+p$ 250 ГэВ/с	$0,0127 \pm 0,0008$	$0,0499 \pm 0,0022$	$0,148 \pm 0,007$	$0,329 \pm 0,019$
	0,71	0,82	1,1	2,69

взаимодействий с увеличением порядка факториальных моментов (i) значение параметров наклона (f_i) увеличивается.

Численные значения параметров A_1 и f_1 для π^-p -взаимодействий приводятся в табл. 2. Для сравнения в этой таблице также приводятся данные для π^+p - и K^+p -взаимодействий при 250 ГэВ/с^{9/}. Численные значения параметров f_i в этих двух различных экспериментах в пределах ошибок согласуются.

Таким образом, проведенный в этой работе анализ π^-C и π^-p -взаимодействий с помощью метода факториальных моментов показывает, что для этих взаимодействий между величинами $\langle F_i \rangle$ и δu существует степенная зависимость, определяемая формулой (2), что свидетельствует о существовании флуктуаций динамического характера в этих взаимодействиях.

Авторы выражают благодарность коллективу двухметровой пропановой коллаборации за предоставление экспериментального материала и за многочисленные полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Burnett T.H. et al. — Phys. Rev. Lett., 1983, 50, p.2062.
2. Alner G.J. et al. — Phys. Rep., 1987, 154, p.247.
3. Adamus M. et al. — Phys. Lett., 1987, B185, p.200.
4. Adamovich M.I. et al. — Phys. Lett., 1988, B201, p.397.
5. Van Hove L. — Z. Phys., 1984, C21, p.93;
Gyulassy M. et al. — Nucl. Phys., 1984, B237, p.477;
Hwa R.C. — Phys. Lett., 1988, B201, p.165.
6. Dremin I.M. — JETP Lett., 1980, 30, p.152; Sov. J. Part. Nucl., 1987, 18, p.31.

7. Bialas A., Peschanski R. — Nucl. Phys., 1986, B273, p.703; 1988, B308, p.857.
8. Ochc W., Wosiek J. — Phys. Lett., 1988, B214, p.617.
9. Ajinenko I.V. et al. — Phys. Lett., 1989, B222, p.306; Phys. Lett., 1990, B235, p.373.
10. Holynski R. et al. — Phys. Rev. Lett., 1989, 62, p.733.
11. Albrecht R. et al. — Phys. Lett., 1989, B221, p.427.
12. Braunschweig W. et al. — Phys. Lett., 1989, B231, p.549.
13. Balea O. et al. — Phys. Lett., 1972, 39B, p.571.
14. Абдурахимов А.У. и др. — ОИЯИ, 1-6937, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 марта 1990 года.

Таблица 2. π^-p -взаимодействия

	f_2	f_3	f_4	f_5
$\pi^-p \rightarrow \pi^+$ 40 ГэВ/с	0,019 ± 0,007	0,044 ± 0,019	0,149 ± 0,069	—
χ^2/n	0,51	0,83	0,76	—
A_1	0,266 ± 0,016	0,746 ± 0,039	1,247 ± 0,125	—
$\pi^+p + K^+p$ 250 ГэВ/с	0,0127 ± 0,0008	0,0499 ± 0,0022	0,148 ± 0,007	0,329 ± 0,019
	0,71	0,82	1,1	2,69

взаимодействий с увеличением порядка факториальных моментов (i) значение параметров наклона (f_i) увеличивается.

Численные значения параметров A_1 и f_1 для π^-p -взаимодействий приводятся в табл. 2. Для сравнения в этой таблице также приводятся данные для π^+p - и K^+p -взаимодействий при 250 ГэВ/с¹⁹. Численные значения параметров f_i в этих двух различных экспериментах в пределах ошибок согласуются.

Таким образом, проведенный в этой работе анализ π^-C и π^-p -взаимодействий с помощью метода факториальных моментов показывает, что для этих взаимодействий между величинами $\langle F_i \rangle$ и δu существует степенная зависимость, определяемая формулой (2), что свидетельствует о существовании флуктуаций динамического характера в этих взаимодействиях.

Авторы выражают благодарность коллективу двухметровой пропановой коллаборации за предоставление экспериментального материала и за многочисленные полезные обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Burnett T.H. et al. — Phys. Rev. Lett., 1983, 50, p.2062.
2. Alner G.J. et al. — Phys. Rep., 1987, 154, p.247.
3. Adamus M. et al. — Phys. Lett., 1987, B185, p.200.
4. Adamovich M.I. et al. — Phys. Lett., 1988, B201, p.397.
5. Van Hove L. — Z. Phys., 1984, C21, p.93;
Gyulassy M. et al. — Nucl. Phys., 1984, B237, p.477;
Hwa R.C. — Phys. Lett., 1988, B201, p.165.
6. Dremin I.M. — JETP Lett., 1980, 30, p.152; Sov. J. Part. Nucl., 1987, 18, p.31.

7. Bialas A., Peschanski R. — Nucl. Phys., 1986, B273, p.703; 1988, B308, p.857.
8. Ochc W., Wosiek J. — Phys. Lett., 1988, B214, p.617.
9. Ajinenko I.V. et al. — Phys. Lett., 1989, B222, p.306; Phys. Lett., 1990, B235, p.373.
10. Holynski R. et al. — Phys. Rev. Lett., 1989, 62, p.733.
11. Albrecht R. et al. — Phys. Lett., 1989, B221, p.427.
12. Braunschweig W. et al. — Phys. Lett., 1989, B231, p.549.
13. Balea O. et al. — Phys. Lett., 1972, 39B, p.571.
14. Абдурахимов А.У. и др. — ОИЯИ, 1-6937, Дубна, 1973.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 марта 1990 года.