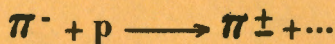


Я-665
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1 - 7748

ЯНЧО Габор

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНКЛЮЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ



ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий
Объединенного института ядерных исследований

Научный руководитель:
кандидат физико-математических
наук, старший научный сотрудник

В.Г.ГРИШИН .

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических
наук

Р.М.МУРАДЯН,

доктор физико-математических
наук

В.А.НИКИТИН .

Ведущее научно-исследовательское
учреждение:
НИИЯФ МГУ им.М.В.Ломоносова
(г.Москва)

Автореферат разослан " ____ " _____ 1974 года
Защита диссертации состоится " ____ " _____ 1974 года
в ____ час. на заседании Учёного совета Лаборатории
высоких энергий Объединенного института ядерных исследо-
ваний, г.Дубна, Московской области, Лаборатория высоких
энергий ОИЯИ, конференц-зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ

Учёный секретарь Совета
кандидат физико-математических
наук

М.Ф.Лихачев
М.Ф.ЛИХАЧЕВ

1 - 7748

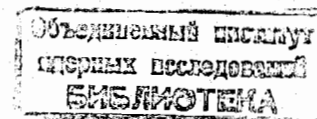
ЯНЧО Габор

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНКЛЮЗИВНЫХ ПРОЦЕССОВ
 $\pi^- + p \longrightarrow \pi^\pm + \dots$
ПРИ ИМПУЛЬСЕ 40 ГЭВ/С

Специальность 01.04.01 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

(Диссертация написана на русском языке)



В течение последних лет большой поток экспериментальных и теоретических работ посвящен изучению процессов множественного образования частиц при высоких энергиях. Этот большой интерес, с одной стороны, связан с тем, что процессы множественного образования являются доминирующими. С другой стороны, имеется много экспериментальных и теоретических предсказаний о существовании нового принципа инвариантности сильных взаимодействий. Этот принцип предсказывает масштабную инвариантность адрон-адронных столкновений /1-4/.

Диссертация посвящена изучению множественности заряженных и нейтральных частиц в Π^+p - и Π^+n -взаимодействиях при $\sqrt{s}=40$ Гэв и анализу инклюзивных распределений Π^+ -столкновений. Экспериментальный материал был получен с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ /5/, облученной на серпуховском ускорителе Π -мезонами с импульсом 40 Гэв/с.

Диссертация состоит из пяти глав и заключения.

В первой главе дан обзор основных теоретических и экспериментальных результатов по инклюзивным процессам. Изложены конкретные предсказания, вытекающие из обобщенной оптической теоремы в рамках полюсного приближения, с помощью которых проводится анализ экспериментальных результатов в следующих главах.

Во второй главе описывается процесс обработки экспериментального материала. Просмотр стереоснимков проводился на больших просмотрных столах БПС-1 и БПС-2 /6/. Отобранные события измерялись на полуавтоматах типа ПУОС, работающих на линии с ЭВМ БЭСМ-4 /7/. Обсчет измеренных звезд и γ -квантов проводился по программе ГЕОФИТ /8/.

При просмотре регистрировались все взаимодействия, вызванные первичными Π -мезонами, и связанные с ними V^0 -частицы и γ -кванты. Дважды было просмотрено ≈ 45000 фотоснимков. Эффективность двойного просмотра оказалась равной 99,7% для нахождения звезд и 99% для нахождения γ -квантов и V^0 -частиц. В выбранной эффективной области камеры было найдено ≈ 4500 Πp - и ≈ 2000 Πn -взаимодействий. Из этих событий были определены средняя множественность и топологические сечения. При определении топологических сечений, кроме методических поправок, учитывались поправки, связанные с упругими и когерентными Πp -событиями /9,10/. Протоны идентифицировались по ионизации и остановке в камере с импульсом от ≈ 200 Мэв/с до ≈ 700 Мэв/с. Средняя относительная ошибка в измерении импульса заряженных частиц составляет $(13 \pm 0,4)\%$.

Третья глава посвящена множественности и корреляциям по множественности вторичных частиц в Πp - и Πn -соударениях при $pc = 40$ Гэв /11,12,15/. Приводится модель для количественного совместного описания экспериментальных распределений по множественности и корреляциям между заряженными и нейтральными пионами /13,14/.

Средняя множественность вторичных заряженных и нейтральных частиц в неупругих Πp -взаимодействиях при $pc = 40$ Гэв оказалась равной $\langle n_+ \rangle = 5,62 \pm 0,04$ и $\langle n_0 \rangle = 2,43 \pm 0,05$; эти же величины в Πn -взаимодействиях равны $\langle n_+ \rangle = 5,32 \pm 0,06$ и $\langle n_0 \rangle = 2,23 \pm 0,08$.

Впервые было обнаружено существование линейной корреляции между числом нейтральных пионов и заряженных частиц в Πp - и Πn -взаимодействиях.

Описание полученных экспериментальных результатов приводится в рамках модели, в которой предполагается существование двух механизмов появления вторичных частиц:

1. Существуют лидирующие частицы, которые могут диссоциировать с локальным сохранением изоспина.

2. В процессе взаимодействия статистически независимым образом рождаются адронные ассоциации или "кластеры" (с квантовыми числами $I=0$ и $G=\pm 1$), которые распадаются на пионы (см.рис.1).

Предполагается, что средние числа "кластеров" не зависят при достаточно высоких энергиях от типа сталкивающихся частиц. Из этих предположений следует, что распределение по числу заряженных частиц в Πp - и Πn -взаимодействиях имеет следующий мультикомпонентный пуассоновский вид:

$$W_{n_z} = \sum_k g_{i,j} \alpha_i \beta_j P_{z-k}(\lambda); \quad 2k = i+j = 2,4,\dots$$

где α_i (β_j) - вероятность i -го (j -го) канала диссоциации пиона (протона), $g_{i,j}$ - вероятность совместного появления каналов i и j ; $z = n_z/2$; $P_z(\lambda) = e^{-\lambda} \lambda^z / z!$.

В этом выражении λ является суммой средних чисел кластеров $\sigma \rightarrow \pi^+ \pi^-$ и $\omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ (см.рис.1).

Сравнение результатов, полученных при использовании модели с экспериментальными данными, показывает, что при $pc = 40$ Гэв достаточно рассматривать лишь простейшие каналы диссоциации (именно $\pi \rightarrow \pi$, $N \rightarrow N$, $N \pi^0$, $N \pi^\pm$)*. В этом рассмотрении модель Ванга является частичным случаем для Πp -взаимодействий, а для Πn -взаимодействий распределение описывается суммой двух пуассоновских функций.

* Третий канал диссоциации нуклона описывает процессы перезарядки: $p \rightarrow n \pi^+$, $n \rightarrow p \pi^-$

Экспериментальные результаты хорошо согласуются с моделью следующими параметрами: среднее число "кластеров" равно $1,82 \pm 0,02$ и вероятность перезарядки нуклона оказалась равной $0,36 \pm 0,04$.

Другим важным следствием модели является предсказание о линейной зависимости среднего числа Π^0 -мезонов от числа заряженных частиц

$$\langle n_{\pi^0} \rangle = A + B n_{\pm}$$

Параметр B в рамках модели связан со средними числами кластеров типа σ и ω следующим образом:

$$B = \frac{1}{2} \frac{\bar{N}(\omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0)}{\bar{N}(\sigma \rightarrow \pi^+ \pi^-) + \bar{N}(\omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0)}$$

В Π^-p -взаимодействиях при $p_{\text{с}} = 40$ Гэв/с значение наклона прямой равно $B = 0,16 \pm 0,02$, а для π^-n $B = 0,15 \pm 0,02$ (см. рис.2). Таким образом, отсутствие корреляций между $\langle n_{\pi^0} \rangle$ и n_{\pm} при $E \leq 20$ Гэв и "предельная" зависимость $B \approx 1/2$ при $E \approx 1500$ Гэв в этой модели имеют простой физический смысл. При низких энергиях $\bar{N}(\sigma) \gg \bar{N}(\omega)$, т.е. $B \approx 0$. С увеличением энергии доля σ -кластеров падает и при высоких энергиях имеет $\bar{N}(\omega) \gg \bar{N}(\sigma)$, т.е. $B \approx 1/2$.

Имеющиеся экспериментальные данные для pp -взаимодействий в области энергии 50–300 Гэв также хорошо описываются этой моделью с учетом большого числа каналов диссоциации ($K = 3$).

В четвертой главе диссертации анализируются одночастичные инклюзивные распределения пионов в Π^-p -взаимодействиях при $p_{\text{с}} = 40$ Гэв /16/. Для исследования проблемы масштабной инва-

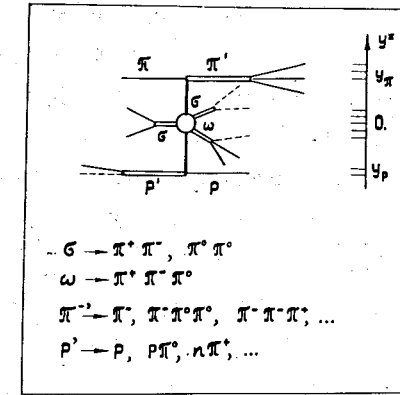


Рис. 1. Схема взаимодействия для описания множественности и корреляции между частицами в P^- -взаимодействиях.

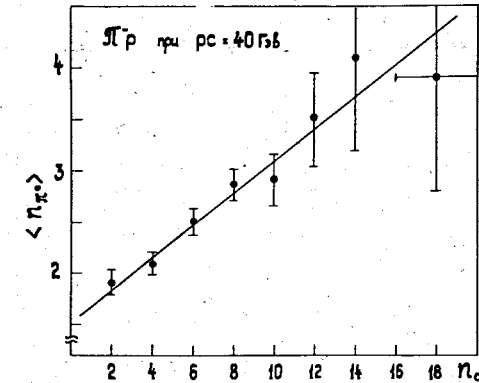


Рис. 2. Зависимость среднего числа Π^0 -мезонов от числа заряженных частиц в Π^-p -взаимодействиях при $p_{\text{с}}=40$ Гэв.

риантности приводится сравнение результатов с данными, полученными при других энергиях в Π^-p -и pp -взаимодействиях.

Распределение квадрата поперечного импульса мезонов хорошо аппроксимируется с суммой двух экспоненциальных функций ($0 \leq p_{\perp} \leq 1,5$ Гэв / c^2), и параметры совпадают с данными, полученными при $pc = 16$ Гэв /17/. Показано, что имеется корреляция между продольной переменной $X(x = 2p_{\parallel}^*/\sqrt{s})$ и поперечными импульсами (p_{\perp}) частиц, таким образом, структурная функция не факторизуется по этим переменным.

Сравнение распределений продольных импульсов Π^- -мезонов, летящих в системе центра масс назад, с вперед летящими Π^+ -мезонами, показывает наличие заметной асимметрии /18,19/. Эта асимметрия может быть связана с продуктами дифракционной диссоциации налетающего Π^- -мезона, которые летят вперед в с.ц.м. Вычитание вклада от дифракционных событий уменьшает эту асимметрию. В событиях с большой множественностью распределение продольных импульсов ($0 \leq |P_{\parallel}^*| \leq 1$ Гэв/с) почти симметричное.

Масштабная инвариантность Π^-p -взаимодействий исследовалась в области фрагментации протона и Π^- -мезона, а также в центральной области.

В рамках Редже-феноменологии инклюзивных реакций структурную функцию \mathbb{H} можно представить в следующем виде:

$$f(s, x, p_{\perp}) = f_{ck}(x, p_{\perp}) + f_{nck}(x, p_{\perp}) \cdot s^{\alpha}, \quad (I)$$

где $\alpha = -1/2$ в области фрагментации и $\alpha = -1/4$ в центральной области, f_{ck} -скейлинговая часть структурной функции.

$$\mathbb{H}(s, x, p_{\perp}) = E^* \frac{d^2\sigma}{dx dp_{\perp}^2}$$

Результаты, полученные нами при $pc = 40$ Гэв показывают, что в области фрагментации протона масштабная инвариантность не выполняется (второй член в выражении (I) составляет ≈ 40 процентов от первого). В то же время, энергетическая зависимость структурной функции согласуется с формулой (I) в области $8 \leq E_{\text{лаб.}} \leq 40$ Гэв.

В области фрагментации Π^- -мезона ($\pi^- \xrightarrow{P} \pi^+$) мы получили явное указание на выполнение масштабной инвариантности в области $4 \leq E_{\text{лаб.}} \leq 40$ Гэв.

На рис.3 приведена функция распределения

$$G(p_{\parallel}^{\alpha\lambda}) = \int \frac{E^{\alpha\lambda}}{6\tau} \cdot \frac{d^2\sigma}{dp_{\parallel}^{\alpha\lambda} dp_{\perp}^2} dp_{\perp}^2 \quad (2)$$

в антилабораторной системе координат (α, λ) для реакции $\pi^- \xrightarrow{P} \pi^+$ при $pc = 40$ Гэв и для реакции $\pi^+ \xrightarrow{P} \pi^-$ при 18,5 Гэв (для последней реакции масштабная инвариантность выполняется в широкой области энергии /20/. Как видно из рис.3, в этих разных реакциях при различных энергиях распределения совпадают, указывая на выполнение масштабной инвариантности в случае реакции $\pi^- \xrightarrow{P} \pi^+$ при $pc = 40$ Гэв. На рис.4 приведены интегралы распределений по продольному импульсу в интервале 0-1,2 Гэв/с в антилабораторной системе координат для реакции $\pi^+p \rightarrow \pi^+$ при $pc = 6$ и 22 Гэв /21/, а также для $\pi^-p \rightarrow \pi^+$ реакции при $pc = 40$ Гэв. Совпадение значений этих интегралов в этой широкой области энергии подтверждает масштабную инвариантность.

В рамках дуальной модели, ранний скейлинг в реакции $a \xrightarrow{b} c$ объясняется /22/ тем, что система abc является экзотической (примером служат реакции $pp \rightarrow \pi^-$, $\pi^+p \rightarrow \pi^-$, $K^+p \rightarrow \pi^-$ /23/) - в то же время это условие не выполняется для реакции $\pi^-p \rightarrow \pi^+$.

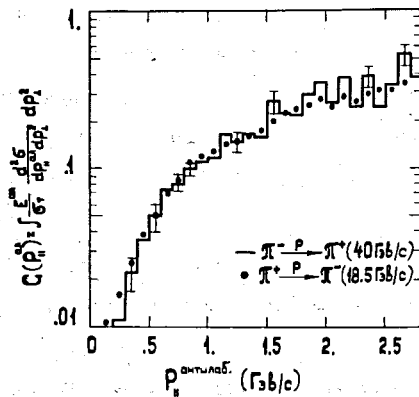


Рис. 3. Структурная функция для процессов $\pi^- p \rightarrow \pi^+$ ($\sqrt{s} = 18,5$ Гэв) и $\pi^+ p \rightarrow \pi^-$ ($\sqrt{s} = 40$ Гэв) в антилабораторной системе координат.

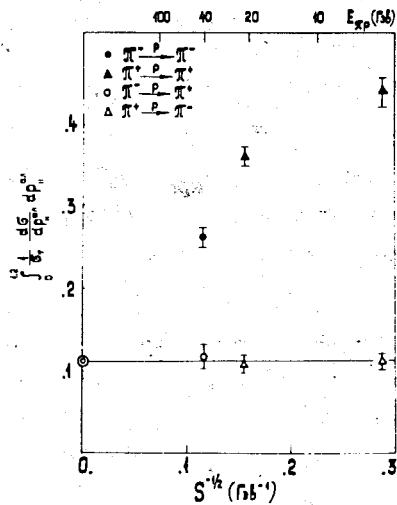


Рис. 4. Интегралы распределений по продольному импульсу в антилабораторной системе координат для процессов $\pi^+ p$ ($\sqrt{s} = 6,22$ Гэв) и $\pi^- p$ ($\sqrt{s} = 40$ Гэв).

С помощью анализа $\pi^+ p$ -реакций мы показали, что энергетическая зависимость структурной функции связана с теми дуальными диаграммами, которые игнорируются также при условии $a\bar{c}$ -экзотическая (например, $\pi^- p \rightarrow \pi^+$).

В центральной области значения нормированной структурной функции для π^- -мезонов равно $f(|x| \leq 0,02)/\sigma_T = 0,210 \pm 0,02$. Отсутствие экспериментальных данных при более высоких энергиях не дает возможность сделать прямого заключения о независимости $f(x)$ от энергии. Однако нормированное значение для $\pi^- p$ при $p = 40$ Гэв/с и pp -взаимодействий при $E \approx 1000$ Гэв в пределах ошибок совпадают. Отсюда можно сделать вывод о том, что в $\pi^- p$ -реакциях отношение немасштабной части структурной функции к скейлинговой части мало.

В пятой главе анализируется дифракционная диссоциация π^- -мезона на протоне, т.е. рассматривается инклюзивная реакция типа $\pi^- p \rightarrow p + \dots$. Для выделения дифракционных событий мы применяли следующие критерии: квадрат недостающей массы меньше 20 Гэв^2 ; эффективная масса мишени $/24/$ меньше 150 Мэв. Сечение событий, удовлетворяющих эти критерии, оказалось равным $2,23 \pm 0,17$ мбарн и средняя множественность $\langle n_+ \rangle = 3,36 \pm 0,12$.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Получены топологические сечения в $\pi^- p$ и $\pi^+ p$ -взаимодействиях при $\sqrt{s} = 40$ Гэв.

2. Впервые обнаружена линейная корреляция среднего числа π^0 -мезонов в зависимости от числа заряженных частиц в $\pi^- p$ - и $\pi^+ p$ -взаимодействиях.

3. Предложена модель множественного рождения частиц, которая дает хорошее количественное описание полученных результатов по множественностям и корреляциям.

4. Получены экспериментальные данные по одночастичным инклюзивным характеристикам для реакций $Pp \rightarrow \pi^+ + \dots$ при $p = 40$ Гэв/с.

5. Проведен анализ имеющихся экспериментальных данных по Pp -и pp -взаимодействиям для выяснения вопроса о масштабной инвариантности в центральной и фрагментационной областях.

6. Показано, что в области фрагментации протона приближение к предельному распределению не противоречит предсказанию Редже-феноменологии инклюзивных реакций.

7. В области фрагментации P -мезона для π^+ -мезона наблюдается масштабная инвариантность в широком интервале энергий. Отсюда следует указание, что достаточным условием этого является наличие экзотической системы - ($\pi\pi$).

8. В центральной области получено указание на малый вклад немасштабного члена.

9. Выделены дифракционные события в Pp -взаимодействиях при $pc = 40$ Гэв. Сечения этих процессов составляет $\sigma = (2,23 \pm 0,17)$ мбарн и средняя множественность $\langle n_s \rangle = 3,36 \pm 0,12$. Получены импульсные и угловые характеристики этих событий.

Основные результаты настоящей работы докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий в Амстердаме (1971 г.), Оксфорде (1972 г.), Батавии (1972 г.), Экс-ан-Провансе (1973 г.) и опубликованы в работах /9-16, 19/.

ЛИТЕРАТУРА

1. R.P.Feynmann, Phys. Rev. Lett., 23, 1415 (1969).
2. J.Benecke, T.T.Chou, C.N.Yang, E.Yen, Phys. Rev., 188, 2159 (1969).
3. Н.Н.Боголюбов, В.С.Владимиров, А.Н.Тавхелидзе. ТМФ 12, 3 (1972); 12, 305 (1972).
4. В.А.Матвеев, Р.М.Мурадян, А.Н.Тавхелидзе. ОИЯИ, E2-5962, Дубна (1971); E2-6638 Дубна (1972).
5. M.P.Balandin, N.G.Borisov, Wang Yung-Chang et al. Nucl. Instr. Meth., 20, 110 (1963).
6. В.Я.Алмазов, А.С.Буров, А.А.Горяинов и др. ОИЯИ, IO-4I72, Дубна (1972).
7. Ю.А.Каржавин, И.В.Чувило, С.С.Кирилов и др. ПТЭ, 5, 54 (1963).
8. А.У.Абдурахимов, Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев. ОИЯИ I-5240, Дубна (1970).
9. В.Г.Гришин, Б.С.Юлдашев, Г.Янчо. ЯФ, 14, 1276 (1971).
10. G. Jansco, J.M.Kohl. JINR, E1-6994, Dubna (1973).
11. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков, К.П.Вишневская, В.Г.Гришин и др. ОИЯИ, PI-6277, Дубна (1972); Phys. Lett., 39B, 571 (1972).
12. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков, К.П.Вишневская, В.Г.Гришин и др. ЯФ, 16, 989 (1972); ОИЯИ, PI-6491, Дубна (1972).

13. В.Г.Гришин, С.П.Кулешов, В.А.Матвеев, А.Н.Сисакян, Г.Янчо.
ЯФ, 17, 1281 (1972); ОИЯИ, Е2-6596, Дубна (1972)..
14. В.Г.Гришин, С.П.Кулешов, В.А.Матеев, А.Н.Сисакян, Г.Янчо.
ОИЯИ, Д2-7180, Дубна (1973);
Nuovo Cimento Lett., 8, 590 (1973).
15. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков, К.П.Вишневская,
В.Г.Гришин и др. Nucl. Phys., В52, 414 (1973).
16. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, К.П.Вишневская, В.Г.Гришин и др.
ОИЯИ, Р1-7103 (1973) ; ЯФ, 18, 545 (1973).
17. A.V.V.C.S.N.W. Collaboration CBRN /D. Ph.II/ Phys. 72-45,
(1972).
18. J.W.Elbelt, A.R.Erwin, W.D.Walker. Phys. Rev. D3, 2042(1971).
19. В.Г.Гришин, Ш.В.Иногамов, Б.С.Юлдашев, Г.Янчо.
ЯФ 16, III4 (1972).
20. Margaret Alstone-Garnjost et al. Phys. Lett., 39B, 402 (1972).
21. D.J.Crennel, H.A.Gordon et al. Phys. Rev. Lett., 28, 643(1972).
22. H.M.Chan, C.S.Hsue et al. Phys. Rev. Lett., 26, 672 (1971);
H.M.Chan, P.Hoyer. Phys. Lett., 36B, 79 (1971).
23. M.S.Chen, R.R.Kinsey, T.W.Morris et al.
Phys. Rev. Lett., 26, 1585 (1971).
24. Н.Г.Биргер, В.А.Сморозин. ЖЭТФ, 36, 1159 (1959);
ЖЭТФ. 37, 1355 (1959).

Рукопись поступила в издательский отдел
25 февраля 1974 года.