

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

C346,461

Г-697

23/11-79

P1 - 12183

1586/2-79

М.Г.Горнов, С.В.Лапушкин, К.О.Оганесян,
А.К.Поносов, Ф.М.Сергеев

ПИОН-ЯДЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С ОБРАЗОВАНИЕМ Δ -ГИПЕРОНОВ
И КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ

1979

P1 - 12183

М.Г.Горнов,* С.В.Лапушкин,* К.О.Оганесян,
А.К.Поносов,* Ф.М.Сергеев*

ПИОН-ЯДЕРНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
С ОБРАЗОВАНИЕМ Λ -ГИПЕРОНОВ
И КУМУЛЯТИВНЫХ ПРОТОНОВ

* Московский инженерно-физический институт

Горнов М.Г. и др.

P1 - 12183

Пион-ядерные взаимодействия с образованием
 Λ - гиперонов и кумулятивных протонов

Исследованы реакции $\pi^- + A \rightarrow \Lambda + k p + X, (k=0,1,2,\dots)$ и $\pi^- + A \rightarrow k p_{\text{назад}} + X, (k=1,2,\dots)$ при импульсе π^- -мезона 3,9 ГэВ/с. Материал получен на 105-сантиметровой фреоновой пузырьковой камере. В реакции $\pi^- + A \rightarrow k p_{\text{назад}} + X$ наблюдаются парные корреляции быстрых протонов с близкими импульсами. Проводится сравнение дифференциальных инвариантных сечений с предсказаниями модели ядерных фейерболов. Измерена поляризация вторичных Λ - гиперонов. Зависимость от кинематических переменных поляризации Λ - гиперонов, не сопровождающихся эмиссией протонов, совпадает с зависимостью, полученной при рождении гиперонов на свободных нуклонах.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1979

Gornov M.G. et al.

P1 - 12183

Pion-Nuclear Interactions with the
Production of Λ -Hyperons and Cumulative
Protons

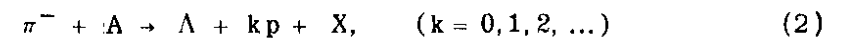
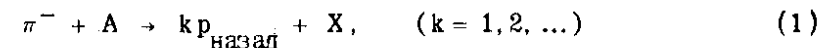
The $\pi^- + A \rightarrow \Lambda + k p + X$ ($k=0,1,2,\dots$) and $\pi^- + A \rightarrow k p_{\text{back}} + X$ ($k=1,2,\dots$) reactions are investigated at 3.9 GeV/c π^- -meson momentum. The data are obtained on 105 cm freon bubble chamber. In the reaction $\pi^- + A \rightarrow k p_{\text{back}} + X$ pair correlations of fast protons with similar momenta are observed. The comparison of differential invariant cross sections with the predictions by the nuclear fireball model is made. The secondary Λ -hyperon polarization has been measured. The dependence on kinematic variables of polarization of Λ -hyperons, which are not accompanied by proton emission, coincides with the function obtained at the production of hyperons on free nucleons.

The investigation has been performed at the
Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

В последнее время возрос интерес к изучению соударений элементарных частиц с ядрами в связи с возможностью исследовать таким путем пространственно-временную структуру сильных взаимодействий^{/1/}. Важным результатом в этом направлении было открытие нового сложного явления ядерной физики, получившего известность как кумулятивный эффект^{/2/}.

В данной работе приводятся некоторые результаты, полученные при исследовании реакций



при импульсе π^- -мезона 3,9 ГэВ/с. Материал получен на 105-сантиметровой фреоновой пузырьковой камере МИФИ ($\bar{A} = 22,5$)^{/3-5/}. Изучено 7567 случаев реакции (1) и 1334 случая реакции (2).

На рис. 1а приведено распределение по разности импульсов двух быстрых ($E_p > 30$ МэВ) кумулятивных протонов ($\Delta p = |\vec{p}_1 - \vec{p}_2|$) из реакции (1), деленное на фоновое распределение. Фон получен комбинированием протонов из разных событий. В области $\Delta p < 160$ МэВ/с наблюдается отклонение экспериментального распределения от фонового. Вероятность отклонения от фонового распределения при $\Delta p < 160$ МэВ/с, обусловленного статистическими флуктуациями, меньше 0,1%.

Известно, что корреляция между двумя частицами чувствительна к характеристикам их источника. Так, корреляция двух фотонов используется в астрономии в ин-

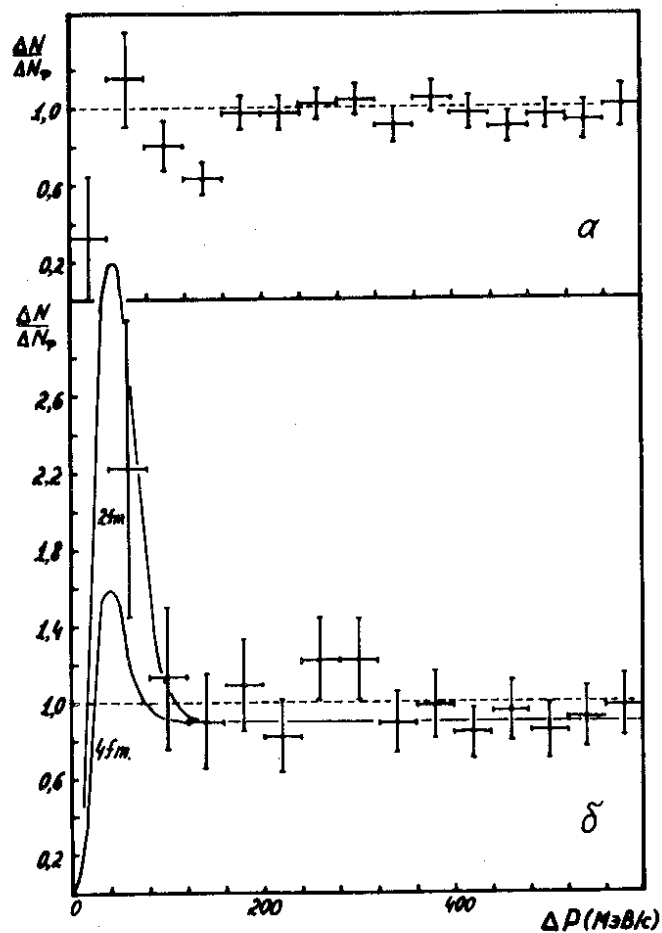


Рис. 1. Распределение по разности импульсов двух протонов, деленное на фоновое распределение: а - для протонов с энергией больше 30 МэВ, б - для протонов с энергией больше 50 МэВ.

терферометре Брауна-Твиса для определения размеров звезд^{/6/}. Делаются попытки применить корреляции тождественных пионов для оценки размеров области генерации пионов^{/7/}. Вопрос о корреляциях тождественных частиц, испускаемых высоковозбужденными ядрами, рассмотрен в работе Г.И.Копылова и М.И.Подгорецкого^{/8/}.

Количественный расчет для пар протонов с учетом кулоновского и ядерного взаимодействий выполнил недавно S. Koonin^{/9/}. Оказалось, что корреляционная функция имеет сложную форму, чувствительную к пространственно-временной структуре взаимодействия: отрицательная корреляция из-за фермионной природы протонов при малой разности импульсов $\Delta p = |\vec{p}_1 - \vec{p}_2|$ переходит с ростом Δp в положительную за счет действия ядерных сил, а затем возникает минимум, величина которого увеличивается с увеличением времени взаимодействия.

Характер отклонения экспериментального распределения, показанного на рис. 1 а, качественно согласуется с расчетом^{/9/}. На рис. 1 б приведено то же распределение, но с другой нижней границей энергии протонов ($E_p > 50$ МэВ). В области $\Delta p < 40$ МэВ/с не зарегистрировано ни одного события. На этом же рисунке нанесены расчетные кривые^{/9/}, соответствующие продольным размерам области, из которой эмиттируются протоны, $2 \cdot 10^{-13}$ см и $4 \cdot 10^{-13}$ см. Отсутствие второго минимума на рис. 1 б можно интерпретировать как указание на то, что для протонов с энергиями $E_p > 50$ МэВ механизм их эмиссии соответствует меньшему времени, чем для протонов с энергиями 30-50 МэВ.

По-видимому, определяющую роль в кумулятивном эффекте играют коллективные свойства ядерной материи^{/5/}. Модель "собрания"^{/10/} и модель ядерных фибрилов^{/11/} являются примерами возможных механизмов кумуляции. В этих моделях предполагается, что кумулятивные частицы возникают в результате распада тяжелого кластера, который образуется после взаимодействия налетающей частицы с внутриядерным нуклоном в результате специфического процесса "собрания". Дифференциальные инвариантные сечения в модели ядерных фибрилов описываются выражением:

$$E \cdot \frac{d^3\sigma}{d\vec{p}} \sim \exp \left[- \frac{E_k - p\beta \cos\theta}{T_0(1-\beta^2)^{1/2}} \right], \quad (3)$$

где p , E_k , θ - импульс, кинетическая энергия и угол вылета частицы в Л-системе. Параметры T_0 и β представляют собой температуру в системе покоя кластера и скорость его движения.

Аппроксимация наших данных по реакции (1) выражением (3) привела к следующим значениям параметров: $T_0 = 44 \pm 1$ МэВ, $\beta = 0,08 \pm 0,01$ при $\chi^2 = 1,01$ на каждую степень свободы. Для сравнения в случае вылета фотопротонов из ядер углерода получены такие значения параметров: $T_0 = 51-54$ МэВ, $\beta = 0,18 \pm 0,03$ /10/. По мнению авторов работы /11/, барионные системы с температурой $T_0 \sim 50$ МэВ (ядерные фейерболы) являются объектами новой природы, и не исключена возможность, что это сильно нагретые сверхплотные ядерные образования, проблема существования которых широко обсуждается /12/.

Дифференциальное инвариантное сечение для быстрых протонов, сопровождающих рождение Λ -гиперонов на ядрах, удовлетворительно описывается зависимостью (3) в области углов вылета протонов $-1,0 < \cos \theta_p < 0,9$ ($\chi^2 = 1,01$ на каждую степень свободы). Значения параметров ($T_0 = 42 \pm 2$ МэВ, $\beta = 0,105 \pm 0,010$) согласуются со значениями параметров, полученными выше для реакции с эмиссией протонов в заднюю полусферу. Однако в области углов $\cos \theta_p > 0,9$ структурная функция не описывается экспоненциальной зависимостью. Этот факт свидетельствует, по-видимому, о том, что такие протоны обусловлены иным механизмом реакции. Приведенные сравнения носят иллюстративный характер, поскольку теоретические рассуждения /11/ далеко не совершенны.

К механизму взаимодействия элементарной частицы с ядром должна быть весьма чувствительна поляризация продуктов реакции /13/. На рис. 2 а представлена зависимость поляризации Λ -частиц из реакции (2) от квадрата переданного 4-импульса для событий без протонов сопровождения в предположении, что взаимодействие происходит на квазисвободном нуклоне. В это распределение вошло около 50% образующихся Λ -гиперонов. Для сравнения на рис. 2 б приведена аналогичная зависимость для инклюзивного рождения Λ -частиц в π^-p -взаимодействиях при 5 ГэВ/с из работы В.В.Глаголева

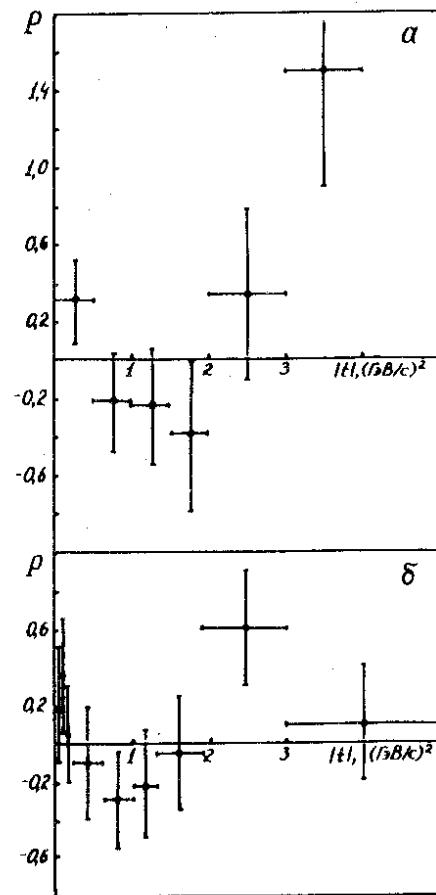


Рис. 2. Зависимость поляризации Λ -гиперонов от квадрата переданного 4-импульса: а - наши данные, б - данные работы /14/.

и др. /14/. Характер зависимостей одинаков до $|t| \approx 3$ (ГэВ/с)², изменение знака поляризации в области $|t| = 0,3-0,5$ (ГэВ/с)² для двухчастичных и квазидвухчастичных реакций отмечено в ряде работ.

На рис. 3 представлена зависимость поляризации от угла вылета Λ в Ц-системе. Она качественно повторяет аналогичную зависимость, полученную в π^-p -взаимодействиях при 4,85 ГэВ/с группой С.Я.Никитина. /15/. Суммарное значение поляризации Λ -гиперонов в пределах статистических погрешностей не отличается от нуля, что согласуется с экспериментальными данными для ин-

клюзивных пион-нуклонных реакций /14/. Таким образом, значительная доля Λ -гиперонов рождается в пион-ядерных взаимодействиях так же, как на свободных нуклонах.

Относительно попыток описания кумулятивного эффекта можно сделать следующее замечание. Поскольку в настоящее время детальной теории кумулятивного эффекта не существует, разрабатываются новые и развиваются имеющиеся рабочие модели /10, 11, 13, 16/. По нашему мнению, для объяснения экспериментальных данных по реакциям с эмиссией кумулятивных барионов перспективным явилось бы развитие модели Вебера-Миллера /17/

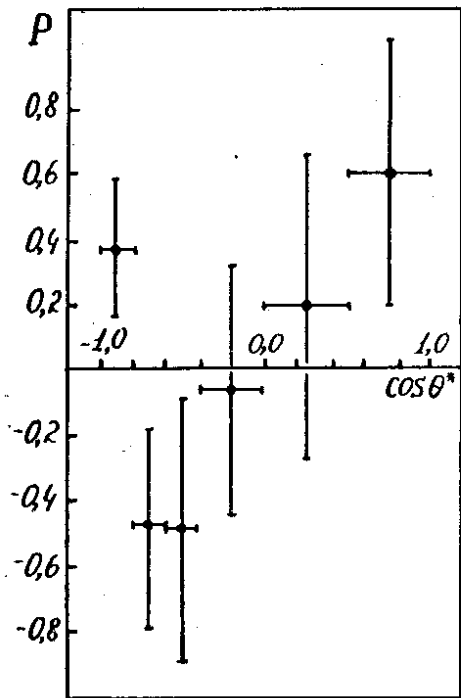


Рис. 3. Зависимость поляризации Λ -гиперонов от угла вылета в Ц-системе.

(рис. 4а) с использованием диаграмм лестничного типа (рис. 4б). В дальнейшем предполагается обсудить экспериментальные следствия такой модели более подробно.

Авторы признательны А.В.Ефремову, Б.Н.Калинкину, В.Л.Шмону за обсуждение и критические замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин Ю.П., Розенталь И.Л., Сергеев Ф.М. УФН, 1977, 121, с.3
Калинкин Б.Н., Шмонин В.Л. ЯФ, 1975, 21, с.628.
2. Балдин А.М. ЭЧАЯ, 1977, 8, с.429.
Лексин Г.А. Ядерный скейлинг. Изд-во МИФИ, М., 1975.
3. Горнов М.Г. и др. ЯФ, 1977, 25, с.606,
4. Горнов М.Г. и др. ЯФ, 1978, 27, с.1578.
5. Горнов М.Г. и др. Письма в ЖЭТФ, 1978, 28, с.660.
6. Hanbury Brown R., Twiss R.Q. Phil. Mag., 1954, 45, p. 633.
7. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1978, 27, с.675.
Подгорецкий М.И. В кн.: Труды XVIII Международной конференции по физике высоких энергий. Тбилиси, 1976. ОИЯИ, Д1,2-10400, Дубна, 1977, т.1, с.А2-27.
8. Копылов Г.И., Подгорецкий М.И. ЯФ, 1972, 15, с.392.
9. Koopil S.E. Phys. Lett., 1977, 70 B, p.43.
10. Калинкин Б.Н., Чербу А.В., Шмонин В.Л., ОИЯИ, Р2-11621, Дубна, 1978.
11. Богацкая И.Г., Горенштейн М.И., Зиновьев Г.М. ЯФ, 1978, 27, с.856.
12. Мигдал А.Б. ЖЭТФ, 1971, 61, с.2209.
13. Ефремов А.В. ЯФ, 1978, 28, с.166.
14. Глаголев В.В. и др. ЯФ, 1975, 22, с.1008.
15. Алешин Ю.Д. и др. ЯФ, 1974, 20, с.934.
16. Стрикман М.И., Франкфурт Л.Л. Материалы XIII зимней школы ЛИЯФ, Ленинград, 1978, с.139.
17. Weber H.J., Miller L.D. Phys. Rev., 1977, 16 C, p. 726.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 января 1979 года.

Рис. 4. Фейнмановские диаграммы: а - модель Вебера-Миллера /17/, б - диаграмма лестничного типа.

