

УДК 539.128.417

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ОБЛАСТИ ИСПУСКАНИЯ ПИОНОВ В *np*-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ $P_n = (5,2 \pm 0,16)$ ГэВ/с С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ ТОЖДЕСТВЕННЫХ ЧАСТИЦ

*В.Л.Любошиц, В.Н.Печенов, Е.Б.Плеханов, М.И.Подгорецкий,
Ю.А.Троян, А.Ю.Троян*
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

В.Н.Пенев, А.И.Шкловская
Институт ядерных исследований и ядерной энергетики БАН, София

С.Г.Аракелян
Физический институт им.П.Н.Лебедева РАН, Москва

На основе метода интерференционных корреляций тождественных частиц определены размеры области испускания пионов в *np*-взаимодействиях при импульсе нейтрона $P_n = (5,2 \pm 0,16)$ ГэВ/с. При анализе использовался экспериментальный материал, содержащий 48570 пар тождественных пионов из 5-лучевых звезд, который был получен при облучении 1-метровой водородной камеры ЛВЭ пучком квазимонохроматических нейтронов. В параметризации Гольдхабера эффективный радиус оказался равным $R = (1,30 \pm 0,16)$ фм. При обработке использовались два типа фонов: комбинации нетождественных пар $\pi^+\pi^-$ и фон, построенный с помощью предложенного нами способа перемешивания с минимальным нарушением кинематических корреляций. В обоих случаях получились совпадающие результаты.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Determination of the Sizes of the Pion Emission Region in *np*-Interactions at $P_n = (5.2 \pm 0.16)$ GeV/c Using the Interference Correlation Method for Identical Particles

V.L.Lyuboshitz et al.

The sizes of the pion emission region in *np*-interactions at $P_n = (5.2 \pm 0.16)$ GeV/c were determined by means of the method of the identical particle interference correlations. The experimental material involving 48570 pairs of identical pions from 5-prong stars, which was obtained at the irradiation of 1m hydrogen chamber of LHE (JINR) by the beam of quasi-monochromatic neutrons, has been used for the analysis. The effective radius for Goldhaber's parametrization is $R = (1.30 \pm 0.16)$ fm. In processing we have used two types of the background: the combinations of non-identical pion pairs ($\pi^+\pi^-$) and the background constructed by means of our method of mixing with «the minimal violation of kinematical correlations». In both the cases the identical results were obtained.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

1. Введение

Первая статья об интерференции тождественных пионов в рамках статистической модели была опубликована Г.Гольдхабером и др. в 1960 г. [1]. Метод определения размеров области испускания пионов, основанный на исследовании интерференционных корреляций тождественных частиц и получивший в последние годы широкое распространение, был разработан Г.И.Копыловым и М.И.Подгорецким [2,3] и затем развит в ряде работ (см., например, [4—8]).

Проблеме определения пространственно-временных параметров области множественной генерации частиц посвящено огромное число экспериментов (см. обзоры [9—12]). Большинство из них выполнено в адрон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях. Исследований, относящихся к взаимодействию элементарных частиц в области энергий в несколько ГэВ, сравнительно немного.

Предлагаемая работа — первая, где проведена оценка размеров области испускания пионов в pp -взаимодействиях.

2. Материал

Мы представляем данные с 1-метровой водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, облученной пучком квазимонохроматических нейтронов с импульсом $P_n = 5,2$ ГэВ/с ($\Delta P_n / P_n \approx 3\%$). Угловой разброс пучка ничтожно мал: $\Delta\Omega \approx 10^{-7}$ ср. Средняя точность измерения импульсов треков в камере $\Delta P / P \approx 1\%$, углов — $\Delta\Theta \approx 20'$. Такие условия эксперимента дают возможность выделить и изучать в условиях 4π -геометрии отдельные каналы реакций pp -взаимодействий [13].

Статистический материал содержит 32 тыс. 5-лучевых звезд, в которых выделены каналы реакций $pp \rightarrow pp \pi^+ \pi^- \pi^-$, $pp \rightarrow pp \pi^+ \pi^- \pi^0$, $pp \rightarrow pp \pi^+ \pi^+ \pi^- \pi^-$ и $pp \rightarrow \pi^- \pi^- X$. Примесь одного канала в другом не превышает 5%. В результате получено для анализа 48570 пар $\pi^- \pi^-$ - и $\pi^+ \pi^+$ -мезонов и 79435 пар $\pi^+ \pi^-$. Отметим, что в наших реакциях отсутствует комбинаторный фон для пар тождественных пионов.

3. Методика

Интерференционные корреляции исследуются путем изучения изменения отношения числа тождественных пар к фоновым парам в зависимости от некоторого параметра.

В наиболее простой параметризации Гольдхабера это отношение имеет релятивистски-инвариантную форму:

$$S(Q^2) = \gamma(1 + \lambda e^{-\beta^2 Q^2})(1 + \sigma Q^2), \quad (1)$$

где $Q^2 = -(P_1 - P_2)^2 = M_{\pi\pi}^2 - 4m_{\pi}^2$. Здесь P_1, P_2 — 4-импульсы пионов; множитель $(1 + \sigma Q^2)$ введен для компенсации возможного отклонения отношения числа пар от единицы в области вне эффекта из-за несовершенства фона.

Из самой структуры формулы (1) ясно, что при изучении корреляций вопрос нахождения адекватного фона имеет первостепенное значение. В большом числе работ в качестве фона используется распределение пар нетождественных частиц — так называемый «стандартный» фон. Очевидно, что такой фон может иметь свои динамические корреляции, отличные от динамических корреляций тождественных частиц. Поэтому, в дополнение к «стандартному» фону, используется фон, полученный перемешиванием частиц из разных событий или сгенерированный на основе реальных событий с привлечением различных моделей взаимодействия.

При конструировании фона мы исходим из требования, чтобы отношение числа тождественных пар к числу фоновых было близко к единице во всей рассматриваемой области изменения Q^2 вне области эффекта. С этой целью нами сконструирован фон «перемешивание с минимальным нарушением кинематических корреляций», суть которого заключается в том, что в событии сохраняются импульсы обоих мезонов, а угол между ними берется случайным образом из другого события. Вся процедура производится в общей системе центра масс реакции. Перемешивание произведено отдельно для каждой из выделенных реакций, и результаты сложены.

На рис.1 показано, для сравнения, отношение C_2 для пар тождественных пионов ($\pi^-\pi^-$ сложены с $\pi^+\pi^+$) и фоновых пар для случая «перемешивания с минимальным нарушением кинематических корреляций» (сплошная линия) и для обычного перемешивания (пунктирная линия) с полным разрушением кинематических корреляций (в этом методе все характеристики первого пиона берутся из одного события, а второго — из другого). Видно, что полное перемешивание дает сложное поведение фона, что затрудняет его экстраполяцию в область эффекта ($Q^2 < 0,05$ (ГэВ/с²)²).

В то же время отношение числа пар $\pi^+\pi^-$ к числу пар из фона «перемешивания с минимальным нарушением кинематических корреляций» везде (за исключением первых нескольких интервалов по Q^2 — район $Q^2 < 0,004$ (ГэВ/с²)²) — близко к 1. Поэтому в дальнейшем мы использовали «стандартный» фон $\pi^+\pi^-$ и фон «перемешивания с минимальным нарушением кинематических корреляций».

Разрешение по Q^2 в области эффекта $\sqrt{\sigma_p^2} \approx 0,0025$ (ГэВ/с²)² значительно меньше ширины интерференционного пика и не влияет на результаты аппроксимации.

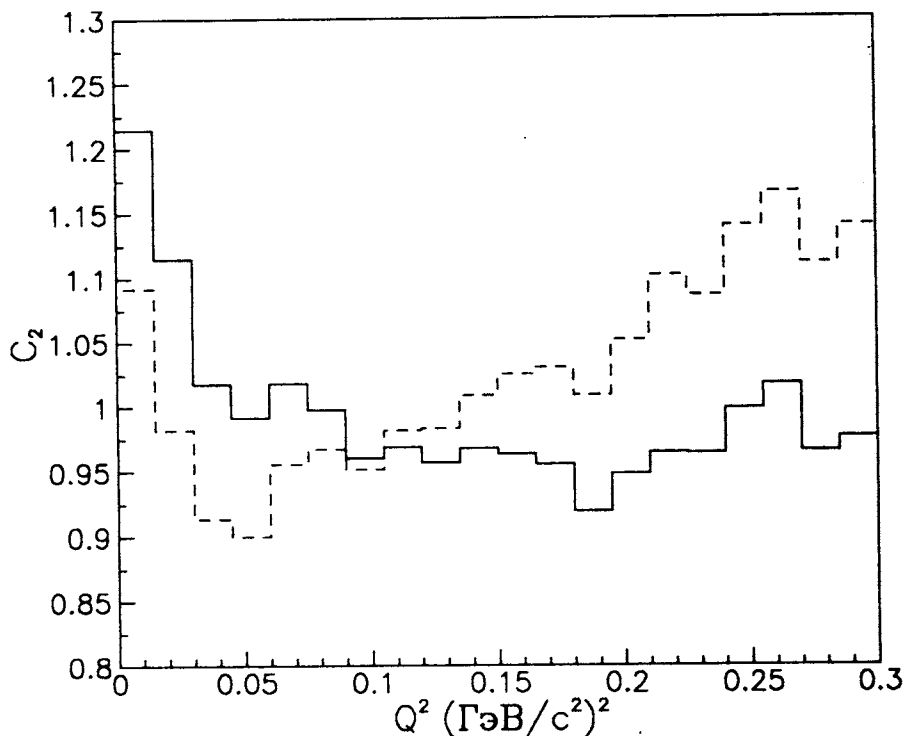


Рис.1. C_2 — отношение числа пар тождественных пионов к числу фоновых пар: сплошная линия — фон «перемешивание с минимальным нарушением кинематических корреляций», пунктирная — фон «перемешивание с полным нарушением кинематических корреляций»

4. Результаты

При аппроксимации по формуле (1) использовалась программа MINUIT. Шаг построения гистограммы при аппроксимации был выбран равным $0,001 \text{ (ГэВ/с}^2\text{)}^2$ (300 бинов). Результаты не меняются, в пределах ошибок, при исключении нескольких первых бинов. Параметр наклона фоновой кривой σ в формуле (1) оказался незначимым для обоих типов фонов. На рис.2 приведено распределение C_2 (сумма всех каналов реакций) для шага построения $0,0075 \text{ (ГэВ/с}^2\text{)}^2$ вместе с аппроксимирующей кривой в случае фона «перемешивания с минимальным нарушением кинематических корреляций».

В табл.1 приведены результаты обработки с двумя видами фонов.

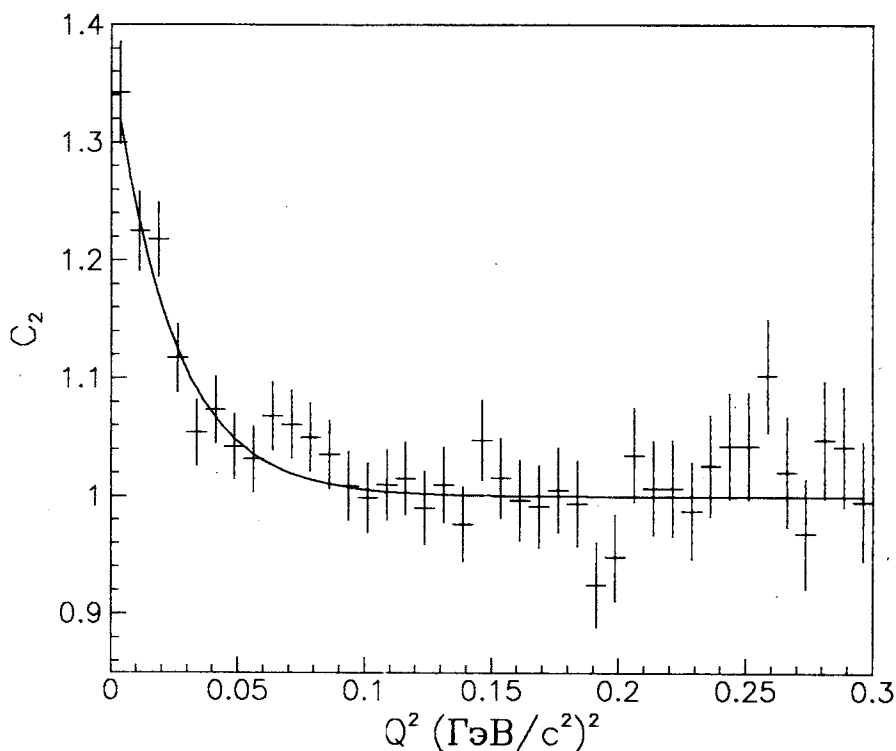


Рис.2. C_2 — отношение числа пар тождественных пионов к числу пар пионов, полученных методом «перемешивания с минимальным нарушением кинематических корреляций». Сплошная кривая — аппроксимирующая функция $S(Q^2)$

Таблица

	β , фм	λ	$\bar{\chi}_1^2$	$\sqrt{D_{\chi_1^2}}$
$N_{\pi^+\pi^+}/N_{\text{перем. } \pi^+\pi^+}$	$1,27 \pm 0,16$	$0,37 \pm 0,05$	$0,97 \pm 0,08$	$1,44 \pm 0,06$
$N_{\pi^+\pi^+}/N_{\pi^+\pi^-}$	$1,32 \pm 0,16$	$0,44 \pm 0,07$	$0,98 \pm 0,08$	$1,24 \pm 0,06$

В первой колонке указан вид используемого отношения, во второй — радиус области испускания пионов, в третьей — параметр λ , в четвертой — $\bar{\chi}_1^2$ описания на одну степень свободы, в пятой — корень квадратный из дисперсии χ^2 -распределения.

5. Обсуждение результатов

Представленные результаты — первые из тех, которые мы предполагаем опубликовать в ряде работ. Данная работа выполнена в инклюзивном подходе. Дальнейший анализ будет касаться, в первую очередь, влияния разного рода резонансных эффектов в обсуждаемых реакциях. В работе [14] мы сообщали о наблюдении узких маломассовых резонансов в системе $\pi^-\pi^-$ и $\pi^+\pi^-$. При этом было отмечено совпадение, в пределах ошибок, положений их центральных значений масс. Предварительный учет возможных резонансов в системе $\pi^-\pi^-$ при массах $\approx 310, 340, 380$ МэВ/ c^2 приводит к возрастанию радиуса испускания π -мезонов примерно на 15%, что находится в пределах ошибок измерений. Этот эффект слабее сказывается при использовании «стандартного» фона.

Будет учтено также влияние изобар и других резонансов в изучаемых нами эксклюзивных реакциях.

Авторы благодарят докторов ф.-м. наук А.И.Малахова и Х.М.Чернева за помощь в проведении исследований, а также сотрудников отдела В.И.Мороза и лаборантов группы Ю.А.Трояна за помощь в получении и первичной обработке экспериментального материала.

Работа выполнена при поддержке Международного научного фонда и Правительства России (гранты NKA000 и NKA300).

Литература

1. Goldhaber G. et al. — Phys. Rev., 1960, v.120, p.300.
2. Копылов Г.И., Подгорецкий М.И. — ЯФ, 1972, т.15, с.392; ЯФ, 1973, т.18, с.656; ЯФ, 1973, т.19, с.434.
3. Kopylov G.I. — Phys. Lett., 1974, v.50B, p.472.
4. Cocconi G. — Phys. Lett., 1974, v.49B, p.459.
5. Grassberger P. — Nucl. Phys., 1977, v.120B, p.231.
6. Gyulassy M. et al. — Phys. Rev., 1979, v.20C, p.2267.
7. Ледницы Р., Подгорецкий М.И. — ЯФ, 1979, т.30, с.837.
8. Ледницы Р., Любошиц В.Л. — ЯФ, 1982, т.35, с.1316.
9. Гришин В.Г. — УФН, 1979, т.127, вып.1, с.51.
10. Boal D.H., Gerbke C-K., Jennis B.K. — Rev. Mod. Phys., 1990, v.62, p.553.
11. Lorstäd B. — Int. J. Mod]Phys. A, 1989, v.4, p.2861.
12. Подгорецкий М.И. — ЭЧАЯ, 1989, т.20, вып.3, с.628.
13. Бешлиу и др. — ЯФ, 1986, т.43, вып.4, с.888.
14. Troyan Yu.A. et al. — Proc. of the 10 Int. Seminar on High Energy Phys. Probl. Relat. Nucl. Phys. and Quantum Chromodynamics, (Dubna, Sept., 1990), p.149; IPNO-DRE 91-18.