

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

С 346 r  
Г-521  
2456/84

P1-84-98

В.В.Глаголев, Р.М.Лебедев, В.Н.Стрельцов

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДВИЖЕНИЯ  
НА ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ РАЗМЕРЫ  
ОБЛАСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
В  $\pi^-p$ -РЕАКЦИЯХ  
МНОЖЕСТВЕННОГО РОЖДЕНИЯ

Направлено в журнал "Ядерная физика"

1984

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В основе известного метода Брауна-Твисса<sup>1/1</sup> измерения диаметров звезд /так называемая интерферометрия интенсивностей/ лежит интерференция пар фотонов. Фактически аналогичное явление - интерференция пар других тождественных бозонов-пионов\* было использовано в свое время<sup>2/2</sup> для оценки области взаимодействия в процессах множественного рождения /pp-аннигиляция/. В последнее время был проведен целый ряд экспериментов такого типа /см. например<sup>3/3</sup>, где можно найти ссылки на другие работы/.

Для пар тождественных бозонов / $\pi$ -мезонов/ с 4-импульсами  $p_1$  и  $p_2$  интерференция конструктивна, их плотность в фазовом пространстве имеет вид<sup>4,5/4</sup>:

$$W(p_1, p_2) = [1 + f(q_0, q_t)] W_{\phi}(p_1, p_2), \quad /1/$$

где  $W_{\phi}(p_1, p_2)$  - плотность пар пионов в отсутствие интерференции. Функция  $f$  обычно определяется выражением:

$$f(q_0, q_t) = \frac{[2J_1(q_t r)/q_t r]^2}{1 + (q_0 r)^2}, \quad /2/$$

где  $q_0 = E_1 - E_2$ ,  $\vec{q}_t = \vec{q} - (q\vec{n})\vec{n}$ ,  $\vec{n} = (\vec{p}_1 + \vec{p}_2)/|\vec{p}_1 + \vec{p}_2|$ ,  $\vec{q} = \vec{p}_1 - \vec{p}_2$ ,  $J_1(q_t r)$  - функция Бесселя первого рода,  $r$  - время жизни источников.

До последнего времени прямых опытов по измерению пространственных размеров быстро движущихся материальных объектов не существовало. Именно эксперименты по измерению пространственных размеров области взаимодействия в процессах множественного рождения можно считать наиболее прямыми опытами такого типа. Иными словами, они позволяют непосредственно наблюдать релятивистское изменение длины.

Цель настоящей работы - оценка влияния движения на размеры области взаимодействия /области излучения вторичных пионов/ в  $\pi^-p$ -соударениях.

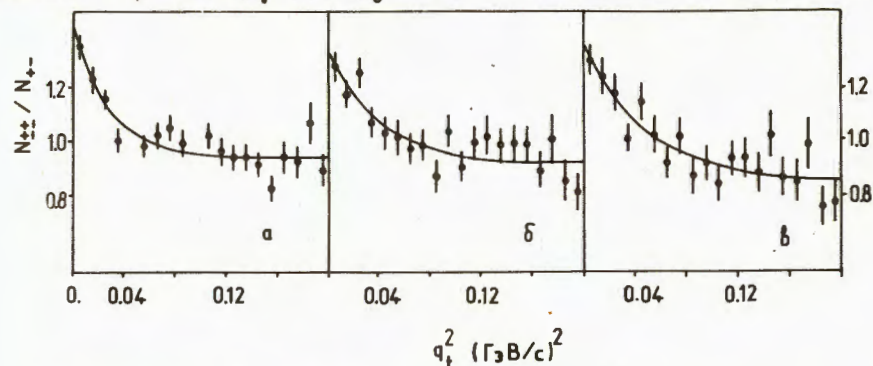
\*Которая выражалась в избытке пар тождественных пионов с малыми разностями их импульсов.

## 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Экспериментальные данные получены с помощью однометровой водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, облученной  $\pi^-$ -мезонами с импульсом 4,91 ГэВ/с<sup>6,7/</sup>. При анализе было использовано 4287 6-лучевых и 8919 4-лучевых событий /за исключением реакций  $\pi^-p \rightarrow p\pi^+\pi^-\pi^-(\pi^0)$ /.

Изучался суммарный эффект интерференции для  $(\pi^-\pi^-)$ - и  $(\pi^+\pi^+)$ -пар. В качестве фонового распределения  $W_{\phi}$  было взято распределение  $(\pi^+\pi^-)$ -пар. Нормировка пар тождественных и нетождественных пионов проводилась по полному числу пар в каждой реакции /т.е. без обрезания по  $q_0$ /.

Распределения отношения числа одинаковых пар ( $N_{\pm\pm}$ ) к числу фоновых ( $N_{+-}$ ) по  $q_t^2$  /для  $q_0 < 0,2$  ГэВ/ представлены на рисунке.



Зависимость отношения  $D = N_{\pm\pm}/N_{+-}$  от  $q_t^2/q_0 < 0,2$  ГэВ/ для различных систем отсчета. Кривая - результат фитирования данных выражением /3/. а - соответствует системе центра инерции /с.ц.и./, лоренц-фактор  $\gamma = 1$ , б - промежуточной системе отсчета / $\gamma = 1,46$ /, в - лабораторной системе /л.с./ / $\gamma = 1,84$ /.

Средний размер области взаимодействия  $r$  был определен подгонкой  $q_t^2$ -распределений выражением:

$$g(q_t^2) = a \left\{ 1 + b \left[ \frac{2J_1(q_t r)}{q_t r} \right]^2 \right\} = a [1 + b \exp(-q_t^2 r^2/4)], \quad /3/$$

где  $a$  и  $b$  - свободные параметры, причем  $a$  корректирует нормировку. Найденные значения параметров и  $r$  с их статистическими ошибками, а также отношения  $\chi^2/N_{\text{ст.св.}}$  приведены в табл.1.

С целью оценки влияния движения на продольные размеры области взаимодействия отбирались пары, удовлетворяющие дополни-

Таблица 1

Значения параметров аппроксимации распределения  $G(q_t^2)$  /  $q_0 < 0,2$  ГэВ/ функцией /3/ в различных системах отсчета

$y$	$r, \text{Фм}$	$a$	$b$	$\chi^2/N_{\text{ст.св.}}$
1	$2,45 \pm 0,27$	$0,94 \pm 0,02$	$0,53 \pm 0,07$	20/17
1,46	$1,96 \pm 0,31$	$0,91 \pm 0,03$	$0,47 \pm 0,07$	18/19
1,84	$1,74 \pm 0,27$	$0,84 \pm 0,04$	$0,63 \pm 0,09$	17/19

Таблица 2

Значения параметров аппроксимации распределения  $G(q_t^2)$  /  $q_0 < 0,2$  ГэВ/ для  $|\cos\theta| < \sqrt{3}/2$ ,  $|\cos\phi| \geq 1/\sqrt{2}$  функцией /3/ в различных системах отсчета

$y$	$r_{\parallel}, \text{Фм}$	$a$	$b$	$\chi^2/N_{\text{ст.св.}}$
1	$2,3 \pm 0,6$	$0,97 \pm 0,03$	$0,31 \pm 0,09$	23/19
1,46	$2,8 \pm 0,5$ / $1,8 \pm 0,4$ /	$0,63 \pm 0,04$	$0,83 \pm 0,17$	18/18
1,84	$4,3 \pm 1,0$ / $1,3 \pm 0,3$ /	$0,82 \pm 0,04$	$1,37 \pm 0,50$	15/15

тельным условиям  $|\cos\theta| < \sqrt{3}/2$  и  $|\cos\phi| \geq 1/\sqrt{2}$ . Здесь  $\theta$  - угол между направлением пары  $\vec{p}$  и осью реакции  $\vec{x}$ , а  $\phi$  - угол вектора  $\vec{q}_t$  с плоскостью  $(\vec{n}, \vec{x})$ . Полученные в этом случае значения  $r_{\parallel}$  и другие величины представлены в табл.2. Следует отметить, что в результате обрезания по углам статистика значительно уменьшается /в с.ц.и. - приблизительно в 5 раз с 20 тыс. до 4 тыс. пар пионов/.

### 3. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Остановимся сначала на данных табл.2. Если отвлечься от довольно больших ошибок, то можно сказать, что величина  $r_{\parallel}$  возрастает при переходе от с.ц.и. к л.с.\*. Этот результат согласу-

\* Следует, впрочем заметить, что приведенные ошибки  $\Delta r_{\parallel}$  для разных систем отсчета скоррелированы. Поэтому относительное изменение на самом деле определяется с меньшими ошибками.

ется с аналогичным качественным выводом, сделанным в работе по исследованию размеров области излучения  $\pi^-$ -мезонов, образованных в  $\pi^-N^-$  и  $\pi^-C^-$  взаимодействиях при 40 ГэВ/с<sup>18/</sup>. Если связывать собственную систему отсчета /систему покоя/ области взаимодействия ( $K^0$ ) с с.ц.и.\*, то иначе можно сказать, что в результате движения происходит увеличение продольных размеров области взаимодействия. Полученные величины  $r_{\parallel}$  отличаются от приведенных в скобках соответствующих "теоретических" значений, вычисленных исходя из  $r_{\parallel}$  в с.ц.и. на основании формулы Лоренца сокращения. Полученный результат можно понять с помощью следующих простых моделей<sup>19/</sup>.

Пусть испускание вторичных частиц /пионов/, например, двумя неподвижными источниками /с продольными координатами  $x_1^0$  и  $x_2^0$ / происходит одновременно\*\* в  $K^0$ . С точки зрения любой несобственной системы отсчета / в том числе и л.с./ соответствующий продольный размер, определяемый указанными событиями, на основании преобразований Лоренца будет выражаться формулой:

$$r_{\parallel} = (x_2 - x_1) = (x_2^0 - x_1^0) \gamma = r_{\parallel}^0 \gamma. \quad /4/$$

Здесь  $\gamma = (1 - \beta^2)^{-1/2}$  - лоренц-фактор,  $v_x = \beta c$  - скорость движения области взаимодействия, определяемой отмеченными источниками. Но, что особенно важно, если даже существует сдвиг по времени между моментами испускания, т.е. имеем, например, два события  $X_A^0(0,0)$  и  $X_B^0(ct^0, r_{\parallel}^0)$  при учете симметрии, т.е. существования соответствующих событий  $X_A^0(-ct^0, 0)$  и  $X_B^0(0, r_{\parallel}^0)$ , найдем

$$r_{\parallel} = (r_{\parallel}^0 + v_x t^0) \gamma, \quad r'_{\parallel} = (r_{\parallel}^0 - v_x t^0) \gamma, \quad \bar{r}_{\parallel} = (r_{\parallel} + r'_{\parallel})/2 = r_{\parallel}^0 \gamma. \quad /5/$$

Таким образом, "средний" продольный размер области взаимодействия в л.с. и в этом случае будет определяться формулой /4/.

Конечно, полученный результат, ввиду значительных экспериментальных ошибок, требует уточнения. Необходимо дальнейшее исследование затронутого вопроса. При этом следует также отметить, что в рассмотренном методе определения  $r_{\parallel}$  фактически предполагалась возможность регистрации одних и тех же событий в различных системах отсчета, и мы использовали нековариантную переменную  $\vec{q}_t$ .

Что касается табл.1, то в приведенные в ней значения  $r$  основной вклад дают поперечные размеры области взаимодействия, которые должны оставаться неизменными при изменении системы отсчета.

\* Эта система "выделена" своей симметрией по сравнению с другими системами отсчета. В этом смысле особое предпочтение имеют реакции столкновения частиц одинаковой массы.

\*\* И, для простоты, - практически мгновенно.

Однако имеет место небольшое уменьшение  $\Gamma$  при переходе от с.ц.и. к л.с. Впрочем, представленные значения практически в пределах одной ошибки можно согласовать друг с другом.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты экспериментальной оценки продольного размера области взаимодействия в  $\pi^-p$ -столкновениях в различных системах отсчета /методом интерференции тождественных частиц/ указывают на его зависимость от скорости движения. Если связывать собственную систему отсчета области взаимодействия с с.ц.и., то в результате движения происходит увеличение продольных размеров области взаимодействия. Ввиду значительных экспериментальных ошибок необходимы дальнейшие исследования поведения размеров области взаимодействия при движении, особенно при столкновении частиц одинаковой массы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Brown R.H., Twiss R.Q. Phil.Mag., 1954, 45, p.663.
2. Goldhaber G. et al. Phys.Rev., 1960, 120, p.300.
3. Deutschmann M. et al. Nucl.Phys., 1982, B204, p.333.
4. Копылов Г.И., Подгорецкий М.И. ЯФ, 1973, 18, с.656.
5. Корулов Г.И. Phys.Lett., 1974, 50B, p.472.
6. Глаголев В.В. и др. ОИЯИ, P1-6846, Дубна, 1972.
7. Gentsch U. et al. PHE 72-13, Berlin-Zeiten, 1972.
8. Ангелов Н. и др. ЯФ, 1983, 37, с.338
9. Стрельцов В.Н. ОИЯИ, P2-82-699, Дубна, 1982; ОИЯИ, P2-83-586, Дубна, 1983.

Глаголев В.В., Лебедев Р.М., Стрельцов В.Н. P1-84-98  
Оценка влияния движения на пространственные размеры области взаимодействия в  $\pi^-p$ -реакциях множественного рождения

Методом интерференции тождественных пионов определены пространственные размеры области взаимодействия в  $\pi^-p$ -столкновениях при 4,91 ГэВ/с в различных системах отсчета. Получено указание об увеличении продольного размера области взаимодействия при переходе от системы центра инерции к лабораторной системе отсчета.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой

Glagolev V.V., Lebedev R.M., Strel'tsov V.N. P1-84-98  
Estimate of Motion Effect on Space Dimensions of Interaction Region in  $\pi^-p$ -Reactions of Multiple Production

By the method of interference of identical pions space dimensions of interaction region in  $\pi^-p$ -collisions at 4.91 GeV/c in different reference frames are determined. The indication of the increase of longitudinal dimension of interaction region at the transition from the center-of-mass system of inertia to lab.reference frame is obtained.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984