

7543

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



7543

ЭНД. ЧИТ. ЗВЯЗ

P1 - 7543

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ
В РОЖДЕНИИ ЧАСТИЦ В ПИОН-НУКЛОННЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ $p = 40$ ГЭВ/С

Сотрудничество Алма-Ата-Будапешт-Бухарест-
Варшава-Дубна-Краков-Москва-
София-Ташкент-Тбилиси-Улан-Батор-
Ханой

1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 7543

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ
В РОЖДЕНИИ ЧАСТИЦ В ПИОН-НУКЛОННЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ $p = 40$ ГЭВ/С

Сотрудничество . Алма-Ата-Будапешт-Бухарест-
Варшава-Дубна-Краков-Москва-
София-Ташкент-Тбилиси-Улан-Батор-
Ханой

Направлено в ЯФ

ОИЯИ
БИБЛИОТЕКА

Summary

Results on several correlation phenomena in π^-p interactions at 40 GeV/c are reported.

On the basis of ~ 2000 events the dependence of transverse momenta of π^+, π^- -mesons on their longitudinal characteristics has been studied. Two-particle transverse angle and rapidity distributions, correlation functions $C(Y_1, Y_2)$ and $R(Y_1, Y_2)$ and associated multiplicity distributions for different types of π^-, π^+ combinations were also obtained. The results were compared with the phase-space calculations for the "average" reaction $\pi^-p \rightarrow \pi^-p$.

It has been found that:

- a) "sea-gull" effect holds;
- b) the transverse angle distributions within errors follow the phase space;
- c) the behaviour of $C(Y_1, Y_2)$ shows strong positive correlations for π^- -meson pairs from the central region contrary to the phase space, the value of $C(Y_1, Y_2)$ is much greater for unlike π^- -meson pairs than for like ones;
- d) $R(Y_1, Y_2)$ -function can be represented as $a \cdot \exp(-|Y_1 - Y_2|/L)$ with $a = 0.65 \pm 0.07$ and $L = 1.8 \pm 0.2$ for unlike π^- -mesons and $a = 0.26 \pm 0.10$ for like ones. This result is in agreement with ISR and 200 GeV/c data, thus indicating the achievement of an early limiting behaviour of the two-particle spectra in π^-N interactions at 40 GeV/c.

В настоящей работе приводятся результаты изучения некоторых корреляционных эффектов в π^-p -взаимодействиях, зарегистрированных в 2-метровой пропановой камере, облученной π^- -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с.

Приведенные результаты получены из анализа 2000 неупругих π^-p -событий с множественностью от 2 до 18 заряженных частиц. Вопросы, связанные с отбором, выделением взаимодействий и обработкой пленочной информации с 2-метровой пропановой камеры, изложены в работах [1].

На основе имеющейся статистики получены зависимости средних поперечных импульсов π^+, π^- -мезонов от продольных /в общепринятых переменных x, y, p_{\parallel} / и двухчастичные распределения по азимутальному углу для различных пар ($\pi^+\pi^+, \pi^-\pi^-, \pi^+\pi^+$) вторичных π^- -мезонов. Получены также результаты по двухчастичным корреляциям в терминах C и R -функций и по ассоциативным множественностям. Проведено сравнение экспериментальных распределений с расчетами по фазовому объему.

1. Изучение зависимости среднего поперечного импульса частицы от продольного p_{\parallel}^* в системе центра масс представляет интерес с точки зрения выяснения наличия динамических корреляций между этими переменными.

На рис. 1 показана зависимость поперечного импульса, усредненного по инвариантному фазовому объему, при фиксированном значении p_{\parallel}^*

$$\langle p_{\perp}^w \rangle = \frac{\int p_{\perp} E^* \frac{d^2 \sigma}{dp_{\parallel}^* dp_{\perp}^2} dp_{\perp}^2}{\int E^* \frac{d^2 \sigma}{dp_{\parallel}^* dp_{\perp}^2} dp_{\perp}^2},$$

как функция p_{\parallel}^* / или $x = p_{\parallel}^* / p_{\text{max}}^*$ / π^+ и π^- -мезонов.

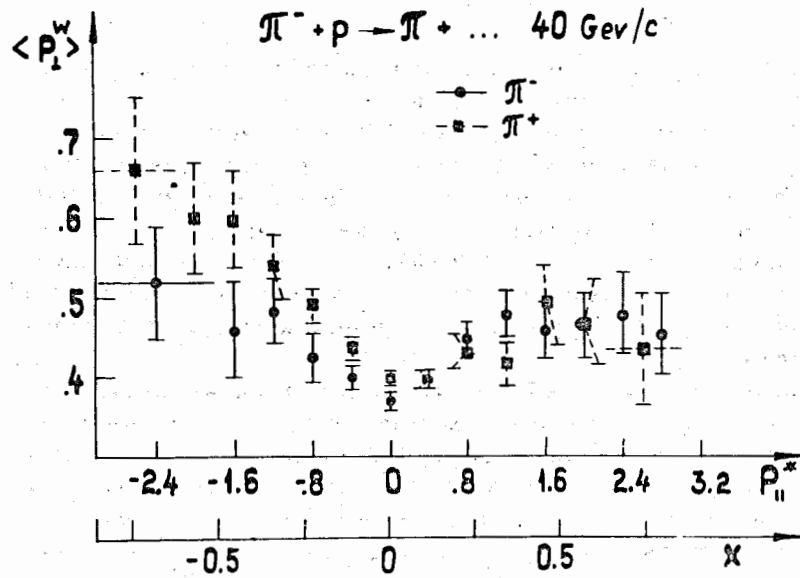


Рис. 1. Зависимость поперечного импульса $\langle p_{\perp}^w \rangle$ усредненного по инвариантному фазовому объему, от p_{\parallel}^* / от x /.

Из рисунка можно сделать следующие выводы:

а/ имеет место явно выраженная зависимость между величинами $\langle p_{\perp}^w \rangle$ и p_{\parallel}^* , свидетельствующая об отличии от константы квадрата матричного элемента как функций этих переменных ("seagull" - эффект, известный при меньших энергиях /2/);

б/ в пределах ошибок нет разницы в поведении π^+ и π^- -мезонов.

Так как в центральной области ($p_{\parallel}^* = 0$) влияние законов сохранения на корреляцию величин $\langle p_{\perp}^w \rangle$ и p_{\parallel}^* наименьшее, то представляет интерес проследить зависимость $\langle p_{\perp}^w \rangle$ от продольной быстроты частицы ($y = \frac{1}{2} \ln \frac{E^* + p_{\parallel}^*}{E^* - p_{\parallel}^*}$).

Из определения величины y следует, что в этих переменных центральная область становится шире, а область больших p_{\parallel}^* - уже.

На рис. 2 показана зависимость $\langle p_{\perp}^w \rangle$ от y . Из рисунка видно, что для π^- -мезонов в интервале $-2 < y < 2$ среднее значение поперечного импульса не зависит от продольной быстроты. Аналогичный результат получен при меньшей энергии /2/.

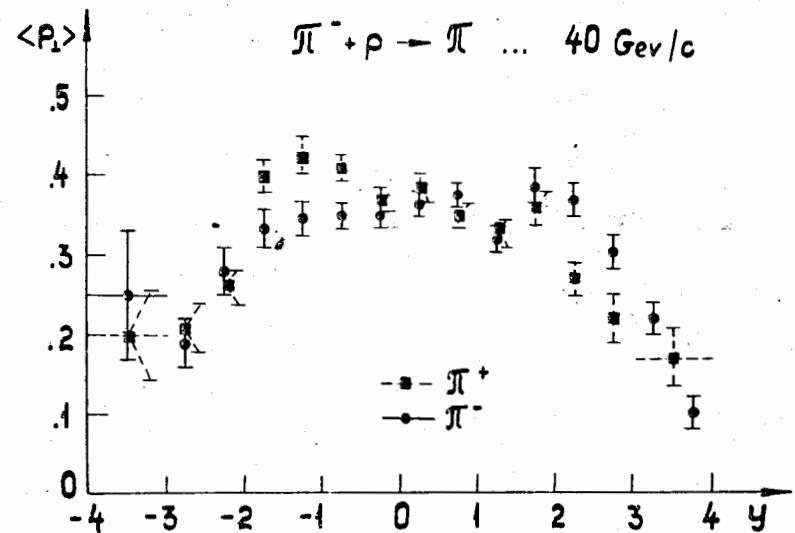


Рис. 2. Зависимость среднего поперечного импульса от продольной быстроты π -мезона в с.ц.м.

2. Известно, что в отличие от одночастичных инклюзивных распределений, двухчастичные более критичны

в отношении выбора динамических моделей, описывающих множественное рождение частиц /3,4/. К числу таких распределений относятся спектры $d\sigma/d\phi/\phi$ - угол между поперечными импульсами двух частиц/, совместное распределение пар частиц по их продольным быстройтам - $d^2\sigma/dy_1 dy_2$ и др.

На рис. 3 представлены спектры по азимутальному углу ϕ для различных пар частиц $-\pi^+\pi^+$, $\pi^-\pi^-$, $\pi^+\pi^-$.

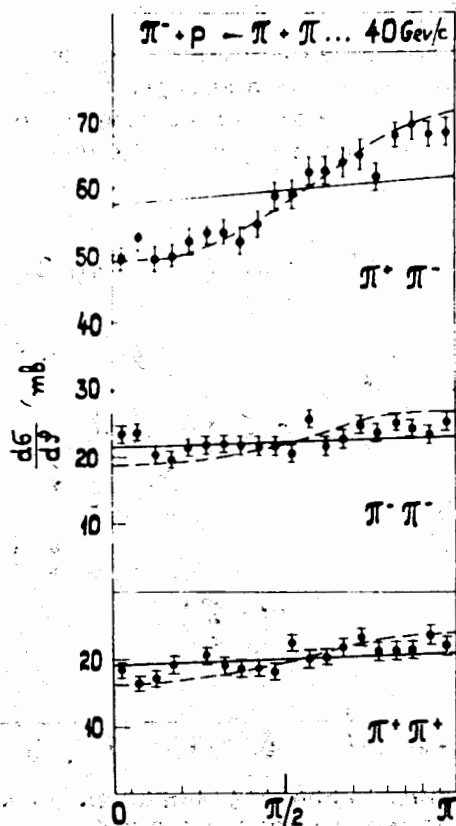


Рис. 3. Распределения по разности азимутальных углов различных пар π -мезонов; пунктирные кривые - расчет по фазовому пространству для характерной реакции; сплошные линии - аналогичные расчеты с обрезанием по поперечному импульсу.

Пунктирная кривая на рисунке соответствует расчету по фазовому объему для реакции $\pi p \rightarrow 7\pi p$ при энергии 40 ГэВ. Количество вторичных частиц в этой характерной реакции равно среднему числу частиц, наблюдаемых в эксперименте /с учетом нейтральных π -мезонов/ /5/. Сплошная линия на рис. 3 - расчет по фазовому объему с обрезанием по поперечному импульсу вторичных частиц /отбирались частицы из реакции $\pi p \rightarrow 7\pi p$ с $p_{\perp 2} = p_{\perp 1}^{exp}$, где $\langle p_{\perp}^{exp} \rangle = 370$ МэВ/с - экспериментально наблюдаемое среднее значение поперечных импульсов заряженных частиц/.

Из рисунка видно, что экспериментальные распределения по углу ϕ в основном совпадают с кривой, рассчитанной по полному фазовому объему характерной реакции. Расчетная кривая, соответствующая фазовому объему с обрезанием по p_{\perp} , совпадает с экспериментальными распределениями для тождественных пар π -мезонов и не совпадает для π -мезонов разных знаков. Таким образом, грубое приближение с обрезанием больших поперечных импульсов частиц не описывает всей совокупности экспериментальных данных по углу ϕ .

3. Совместные распределения различных пар $\pi^+\pi^+$, $\pi^-\pi^-$, $\pi^+\pi^-$ / π -мезонов по их продольным быстройтам $d^2\sigma/dy_1 dy_2$ представлены на рис. 4-6 для ряда значений y_1 /для $\pi^+\pi^-$ -пар по оси абсцисс отложены значения y для π^+ -мезона/. Особенностью этих распределений является наличие максимума при $y_2 = 0$ при всех значениях y_1 . Такой же вид имеют распределения для $\pi^+\pi^+$ и $\pi^-\pi^-$ пар в π^-p взаимодействии при энергии 18 ГэВ /6/.

Для сравнения с фазовым объемом на рис. 7 показано распределение $d^2\sigma/dy_1 dy_2$ для пар π -мезонов из характерной реакции для тех же значений y_1 . Видно, что фазовое распределение имеет максимум при $y_2 = 0$, но оно уже и выше экспериментально наблюдаемых.

4. Другой подход к изучению инклюзивных двухчастичных реакций связан с понятием корреляционной функции $C(y_1, y_2)$, которая в терминах быстройт обычно имеет следующий вид:

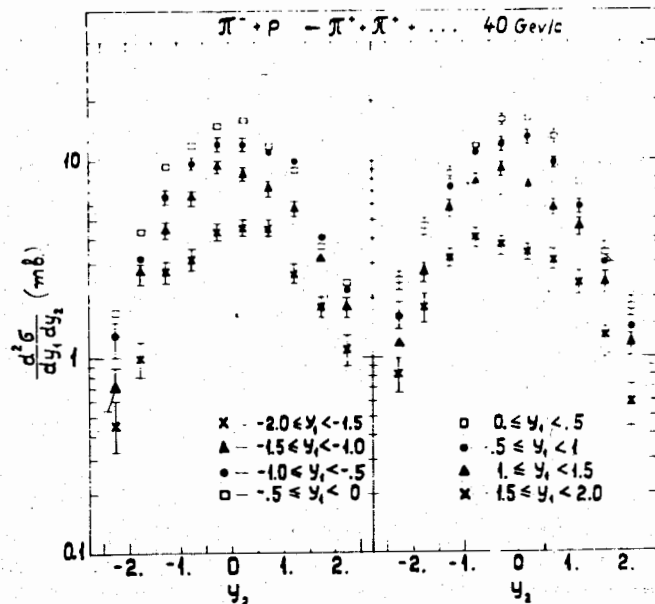


Рис. 4. Парные распределения по продольным быстроймам для различных комбинаций π -мезонов/см. рис. 5 и 6/.

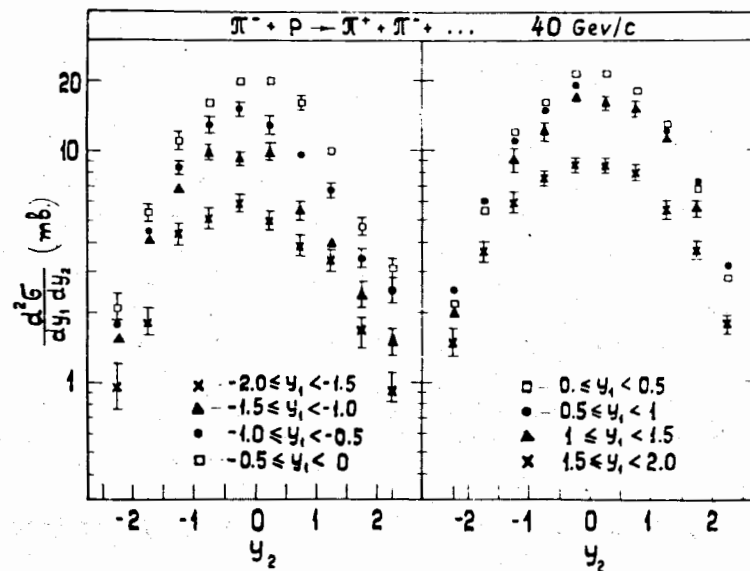


Рис. 6. То же, что и на рис. 4.

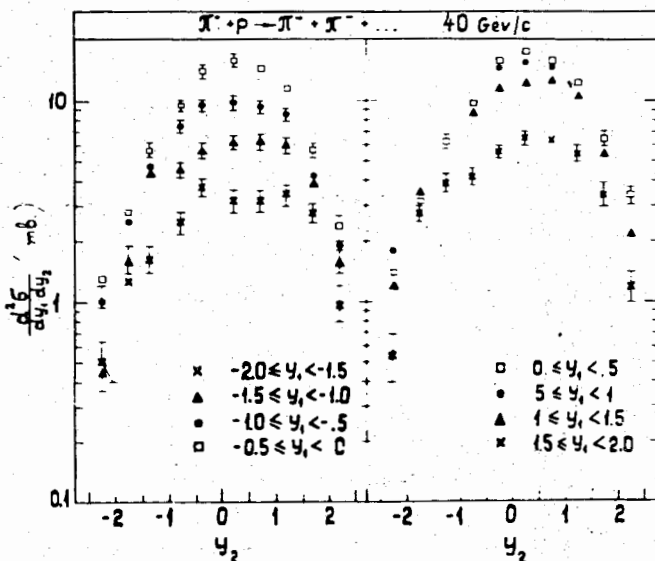


Рис. 5. То же, что и на рис. 4.

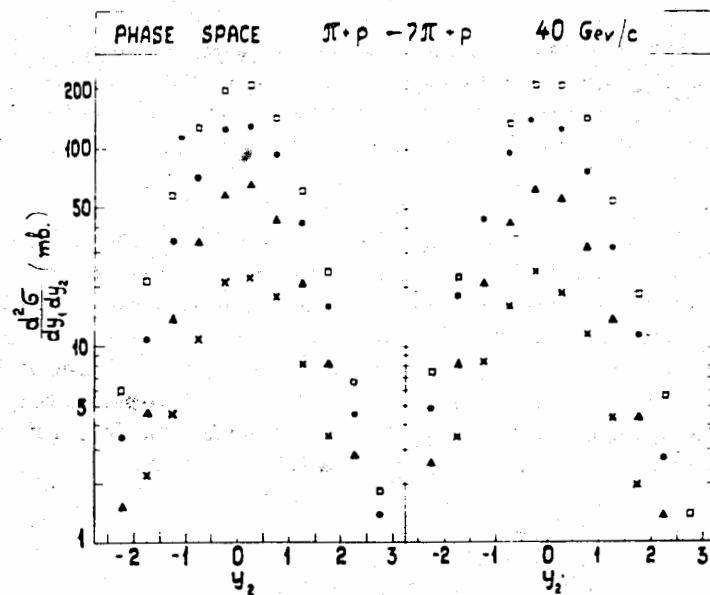


Рис. 7. Совместное распределение по продольным быстроймам для пар π -мезонов из характерной реакции, разыгранной по фазовому пространству /порядок обозначения точек такой же, что и на рисунках 4-6/.

$$C(y_1, y_2) = \frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d^2\sigma}{dy_1 dy_2} - \frac{1}{\sigma_{in}^2} \frac{d\sigma}{dy_1} \frac{d\sigma}{dy_2},$$

где σ_{in} - полное неупругое сечение взаимодействия.

На рис. 8 представлены экспериментальные значения C -функции в зависимости от разности $\Delta y = y_1 - y_2$ для $\pi^+\pi^+$, $\pi^-\pi^-$, $\pi^+\pi^-$ -пар, а на рис. 9 - для всех пар заряженных π -мезонов. Из рисунка видно резкое различие в значениях C -функций при $\Delta y = 0$ в зависимости от заряда пары π -мезонов: $C^{+-} > C^{--} > C^{++}$.

На рис. 10 показано поведение $C(\Delta y)$ для всех пар заряженных π -мезонов при разных y_1 . Из рисунка видно, что основной вклад в максимум при $\Delta y = 0$ вносят пары π -мезонов из центральной области $-1 < y < 1$. Для пар $\pi^+\pi^+$, $\pi^-\pi^-$, $\pi^+\pi^-$ основной вклад в максимум при $\Delta y = 0$ также обусловлен парами π -мезонов из центральной области. Аналогичный вывод получен авторами работы [7] для реакции $K^+p \rightarrow \pi^+\pi^+$ при энергии 12 ГэВ.

Пунктир на рис. 8-10 - расчет по фазовому объему для характерной реакции. Резкое отличие экспериментальных значений C -функции от расчетных указывает на существование значительных динамических корреляций между вторичными π -мезонами.

5. В теориях, описывающих множественное рождение частиц при высоких энергиях, количественной оценкой области совместного рождения вторичных частиц является корреляционная длина L . Предполагается, что частицы рождаются независимо, если они разделены по продольной быстрой на величину $\geq L$. Связь корреляционной функции с величиной L для моделей мультипериферического типа может быть представлена в следующем виде:

$$R(y_1, y_2) = \frac{\sigma_{in} d^2\sigma/dy_1 dy_2}{d\sigma/dy_1 \cdot d\sigma/dy_2} - 1 = a \cdot e^{-\frac{|y_1 - y_2|}{L}}.$$

На рис. 11 представлены значения R -функции в зависимости от разности $y_{\pi^+} - y_{\pi^-}$ для четырех фиксированных в центральной области величин y_{π^-} . Численные

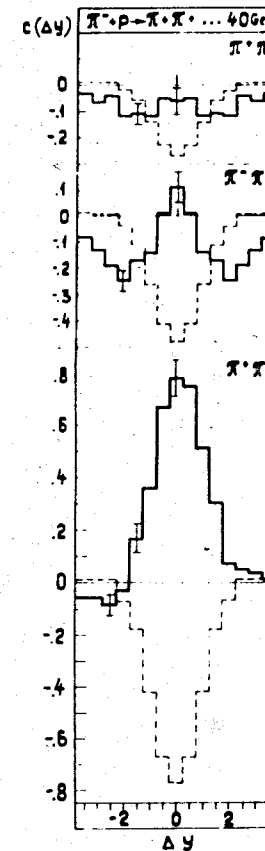


Рис. 8. Экспериментальные значения C -функции в зависимости от $\Delta y = y_1 - y_2$ для различных пар π -мезонов; пунктир - соответствующий расчет по фазовому пространству для характерной реакции/см. рис. 9/.

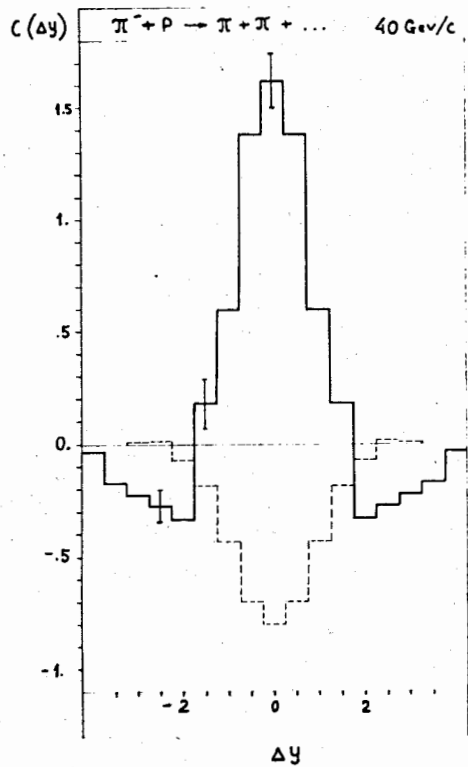


Рис. 9. То же, что и на рис. 8.

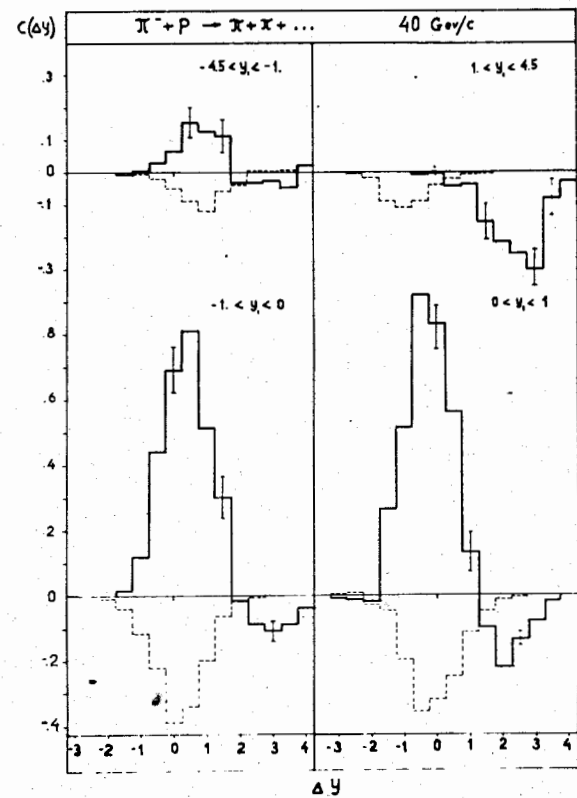


Рис. 10. Зависимость $C(\Delta y)$ при разных y_1 для любых пар заряженных π -мезонов; пунктир - соответствующий расчет по фазовому пространству.

значения параметров a и L при аппроксимации этих кривых приведены в табл. I.

Таблица I

y_{π^-}	$a \pm \Delta a$	$L \pm \Delta L$
-0,75	$0,7 \pm 0,1$	$1,6 \pm 0,6$
-0,25	$0,7 \pm 0,09$	$2,1 \pm 0,8$
0,25	$0,64 \pm 0,09$	$1,8 \pm 0,6$
+0,75	$0,58 \pm 0,09$	$1,7 \pm 0,6$

Сплошная линия на рис. 11 аппроксимирует экспериментальные значения R , усредненные по четырем вышеуказанным величинам y_{π^-} . Значения параметров после такой аппроксимации оказались равными $a = 0,65 \pm 0,07$; $L = 1,8 \pm 0,2$.

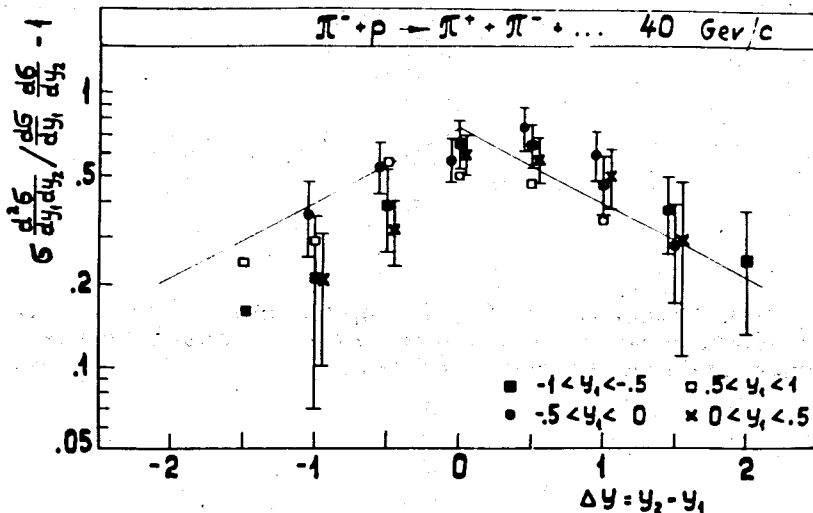


Рис. 11. Экспериментальные значения R -функции и результат их фитирования /сплошные прямые/ с помощью функции вида $a \cdot \exp(-|y_1 - y_2|/L)$.

Имеющаяся статистика не позволяет определить с достаточной степенью точности значения L для $\pi^+ \pi^+$, $\pi^- \pi^-$ пар мезонов. Величина множителя при экспоненте для этих пар частиц из центральной области оказалась равной $a = 0,26 \pm 0,1$.

Аналогичные значения параметров a и L получены при энергиях ISR и 200 ГэВ/с в pp -столкновениях [8]. Полученная в нашем эксперименте величина корреляционной длины согласуется с приведенными в работе [8] значениями L для разных энергий и типов взаимодействий.

6. Для получения более широкого представления о корреляционных явлениях в процессах множественного рождения при высоких энергиях были построены экспериментальные зависимости ассоциативной множественности от продольной скорости выбранной частицы:

$$\langle n_{ik} - \delta_{ik} \rangle = \frac{\int d^2 \sigma / dy_i dy_k \cdot dy_i}{d\sigma / dy_k}$$

На рис. 12, 13 представлены указанные зависимости для π^+ и π^- -мезонов. Наблюдаемая на рис. 12 разница в величине спада, среднего числа частиц n_{π^+} (n_{π^-}) с ростом y_{π^+} (y_{π^-}) качественно согласуется с наличием лидирующего π^- -мезона. Такое же значение справедливо и для функций, изображенных на рис. 13.

7. Из приведенных выше экспериментальных распределений можно сделать следующие выводы:

а/ имеются динамические корреляции между поперечным и продольным импульсами вторичных π -мезонов, рожденных в $\pi^- p$ -взаимодействиях при $p = 40$ ГэВ/с;

б/ расчеты по фазовому объему для характерной реакции $\pi p \rightarrow 7\pi p$ описывают экспериментальные спектры по азимутальному углу ϕ . Наблюдаемое в эксперименте среднее значение поперечного импульса вторичных частиц значительно меньше разрешенного по фазовому объему. Проведенное для характерной реакции обрезание больших поперечных импульсов описывает эксперимен-

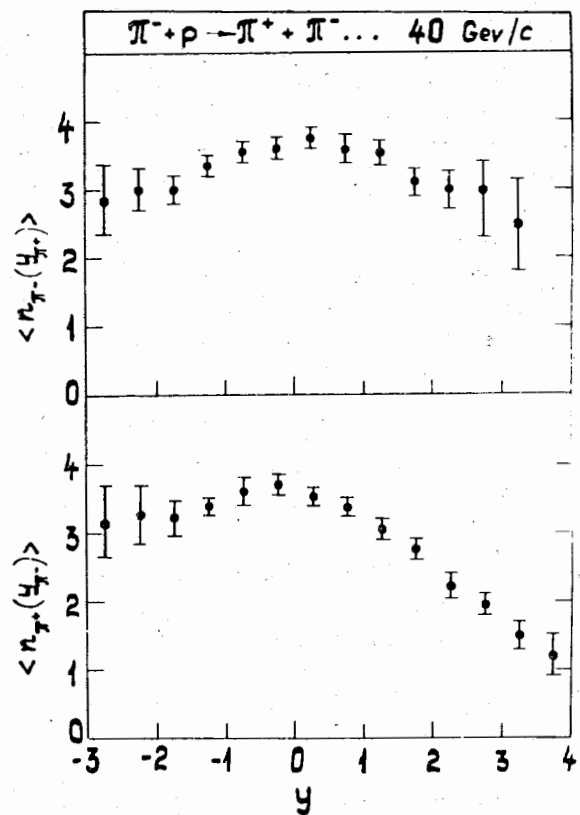


Рис. 12. Зависимость ассоциативных множественностей разных типов от продольных быстрой фиксированных частиц.

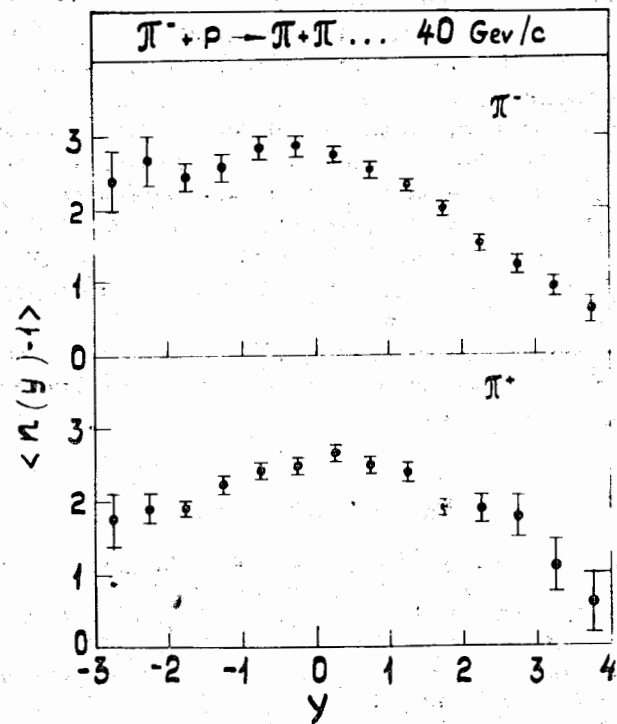


Рис. 13. То же, что и на рис. 12.

тальные распределения по углу ϕ для тождественных π -мезонов и не описывает - для нетождественных частиц.

в/ максимум корреляционной функции $C(\Delta y)$ при $\Delta y \approx 0$ значительно больше для разноименных по заряду пар π -мезонов, чем для одноименных. Для всех пар $\pi^+ \pi^+$, $\pi^- \pi^-$, $\pi^+ \pi^-$ -мезонов максимум C -функции обусловлен π -мезонами из центральной области по y ;

г/ численные значения параметров a и l , для нетождественных вторичных π -мезонов из π^- взаимодействий при 40 ГэВ/с оказались равными $0,65 \pm 0,07$ и $1,8 \pm 0,2$ соответственно, для тождественных пар $a = 0,26 \pm 0,1$. Эти результаты совпадают с величинами a и l в pp -столкновениях при энергиях ISR и 200 ГэВ/с , где наблюдается предельное поведение распределений $d\sigma/dy$, $d^2\sigma/dy_1 dy_2$ и $R(0,0)$.

В заключение авторы выражают благодарность группе лаборантов, принимавших участие в обработке экспериментального материала.

Литература

1. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, В.А.Беляков и др. Препринт ОИЯИ, 1-6967, Дубна, 1973.
Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев, Н.А.Смирнов, М.И.Соловьев. Препринт ОИЯИ, 13-5942, Дубна, 1971.
2. В.А.Беляков, Е.Н.Кладницкая. ЯФ, 5, 834 /1967/.
ABSCSHW - Collaboration. CERN/D. Ph. II/ Phys. 72-45.
3. D.R.O.Morrison. CERN/D. Ph. II/ Phys. 72-19.
4. J.Friedman, K.Risk, D.Smith. Phys.Rev.Lett., 28, 191 (1972).
5. А.У.Абдурахимов, Н.Ангелов, К.П.Вишневская и др. Препринт ОИЯИ P1-6928, Дубна, 1973.
6. W.D.Shephard et al. Phys.Rev.Lett., 28, 703 (1972).
7. W.Ko. Phys.Rev.Lett., 28, 935 (1972).
8. S.Barish et al. NAL-preprint. NAL- Conf. 73/25, Exp. (1973).
M.Jacob. TH. 1683-CERN.
O.Corosuo, S.Sohlo. Nuovo Cimento, 7, 753 (1973).

Рукопись поступила в издательский отдел
11 ноября 1973 года.