

8269

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



8269

Экз. чит. зала

P1 - 8269

ДВУХЧАСТИЧНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ
В ИНКЛЮЗИВНЫХ И ПОЛУИНКЛЮЗИВНЫХ
ПИОН-НУКЛОННЫХ РЕАКЦИЯХ
ПРИ $P = 40$ ГЭВ/С

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

1974

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 8269

ДВУХЧАСТИЧНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ
В ИНКЛЮЗИВНЫХ И ПОЛУИНКЛЮЗИВНЫХ
ПИОН-НУКЛОННЫХ РЕАКЦИЯХ
ПРИ $P = 40$ ГЭВ/С

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

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна.

Н.Ангелов, К.П.Вишневецкая, В.Г.Гришин, С.В.Джмухадзе, Л.А.Диденко,
И.А.Ивановская, Ш.В.Иногамов, Т.Я.Иногамова, Т.Канарек,
Е.Н.Кладницкая, Дж.М.Кохли,² В.Б.Любимов, Н.Н.Мельникова,
В.Ф.Никитина, В.М.Попова,¹ М.Сабзу, А.Н.Соломин,¹ П.М.Суд,²
Х.Семерджиев, Л.Н.Смирнова,¹ М.И.Соловьев, Ю.В.Тевзадзе, Н.Г.Фадеев,
Э.Т.Цивцивадзе, Л.М.Шеглова,¹ Г.Янчо.

Институт физики высоких энергий АН Каз.ССР,
Алма-Ата.

Е.О.Абдрахманов, А.Н.Басина, А.Х.Виницкий, Л.Е.Еременко,
Л.Е.Страутман, И.С.Стрельцов, Ж.С.Такибаев, И.Я.Часников.

Центральный институт физических исследований,
Будапешт.

Т.Гемеш, Л.Йеник, Д.Киш, Ш.Красновски, Д.Пинтер, М.Пош, К.Хайду,
В.Яноши.

Институт атомной физики, Бухарест.

О.Балеа, В.Болдеа, Т.Понта, С.Фелеа.

Институт ядерных исследований и Институт физики
Варшавского университета, Варшава.

Е.Биалковский, В.Вуйдик, Я.Гаевски, М.Гурски, Р.Гокмели, Р.Сосновски.

Институт ядерной физики и Институт ядерной техники,
Краков.

Л.Анела, Е.Бартке, А.Квятковска, Г.Рудницка.

Институт ядерных исследований и ядерной энергетики и Машинно-
электротехнический институт, София.

Н.О.Ахабабян, Л.Грекова, Н.П.Иков, П.П.Керачев, П.К.Марков, В.Н.Пенев,
А.И.Шкловская.

Физико-технический институт АН Уз.ССР, Ташкент.

С.А.Азимов, К.Р.Игамбердиев, С.Л.Лутфуллаев, Х.А.Ризаев, Т.М.Усманов,
А.А.Юлдашев, Б.С.Юлдашев.

Тбилисский государственный университет.

Л.Н.Абесалашвили, Н.С.Амаглобели, Д.В.Герсамя, М.А.Дасаева,
Р.Г.Салуквадзе, М.С.Чаргейшвили.

Институт физики и математики МАН, Улан-Батор.

У.Баатар, Д.Тувендорж, Б.Чадраа

Ханойский университет.

Нгуен Дин Ты

¹ Физический факультет и Научно-исследовательский
институт ядерной физики МГУ.

² Физический факультет Пенджабского университета.

Введение

В настоящей работе мы приводим результаты изучения корреляционных эффектов в π^-p -взаимодействиях, зарегистрированных с помощью 2-метровой пропановой камеры, облученной π^- -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с. Приводимые результаты основываются на статистике в 5809 π^-p неупругих взаимодействий. Часть результатов, полученных на меньшей статистике, была опубликована ранее^{1, 2/}. Методические особенности эксперимента были описаны в работах^{3/}.

Здесь приводятся данные о зависимости двухчастичных корреляций по быстроте от множественности вторичных заряженных частиц. Изучено поведение азимутальных корреляций в зависимости от поперечных импульсов и от разности продольных быстрот.

Проведено сравнение полученных экспериментальных данных с расчетами методом Монте-Карло по фазовому пространству и с помощью мультипериферической модели /ММ/^{4/}.

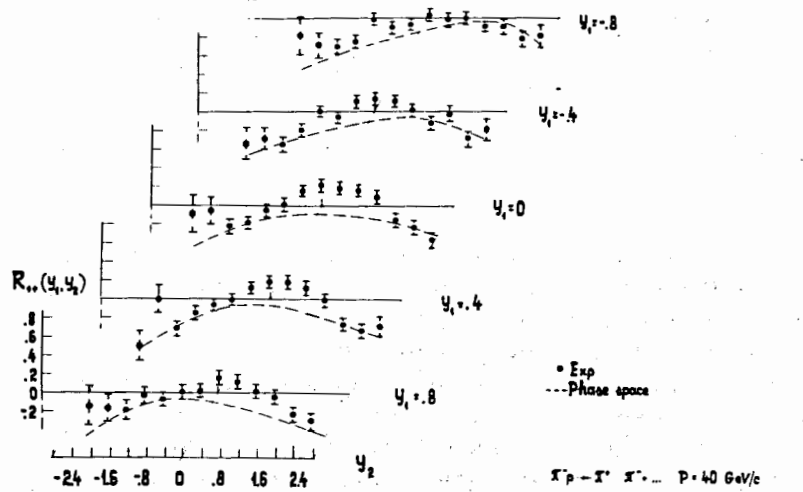
Распределение по множественности заряженных частиц в событиях, разыгранных по фазовому объему, соответствует экспериментально наблюдаемому; π^0 -мезоны для каждой топологии разыгрывались по Гауссу со средними значениями, взятыми из эксперимента; коэффициент перезарядки протона был задан равным 0,4.

Физическое содержание ММ-модели состоит в следующем:

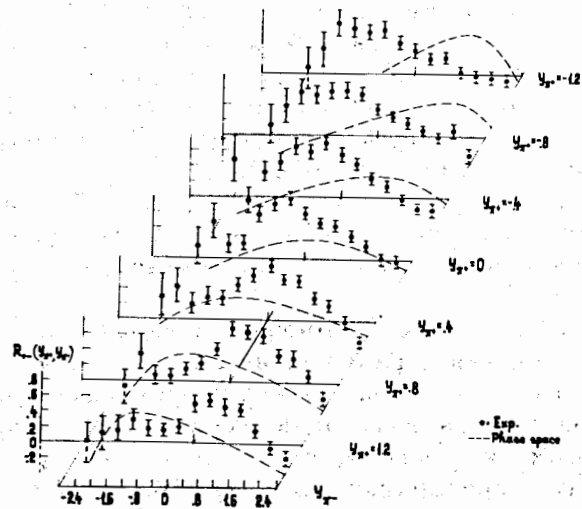
а/ обмен между блоками происходит только π -мезоном;

б/ в узлах мультипериферической цепочки рождаются резонансы, происходит обмен полюсом Померанчука и,

$\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^0 + \dots$ $P = 40 \text{ GeV}/c$



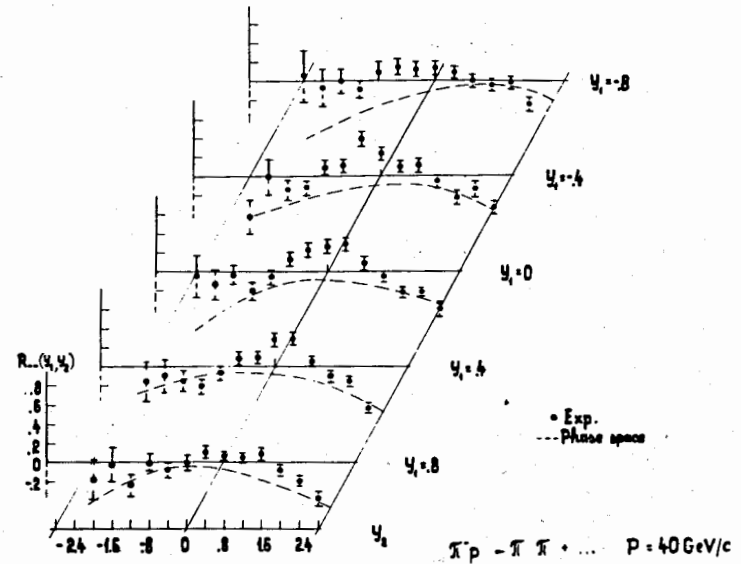
а



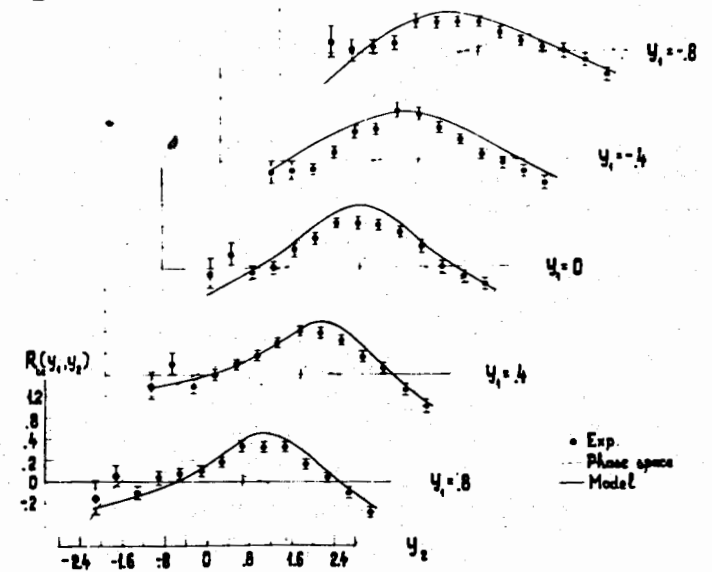
б

Рис. 1а,б,в,г. Значения корреляционной функции $R(y_1, y_2)$ для различных комбинаций зарядов пар π -мезонов. Пунктир и сплошные кривые представляют расчет методом Монте-Карло по фазовому объему и с помощью мультипериферической модели.

$\pi^+p \rightarrow \pi^+\pi^+\pi^0 + \dots$ $P = 40 \text{ GeV}/c$



в



г

что наиболее существенно, образуются кластеры; амплитуда образования кластера медленно падает с ростом его массы;

в/ распад кластеров описывается статистической теорией Померанчука^{5/};

г/ вклад различных диаграмм определяется путем итерационного решения мультипериферического уравнения;

г/ модель содержит всего четыре основных параметра, которые полностью определяются из данных о полных сечениях πN - и NN -взаимодействий.

§1. Инклюзивные корреляции частиц по быстрой

Нами были использованы стандартные определения корреляционных функций:

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

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

На рис. 1 показано поведение R -функций для различных комбинаций заряженных π -мезонов: экспериментальные данные и расчеты по фазовому объему /пунктир/ и по ММ /сплошная линия/. В табл. 1 приведены значения R - и C -функций для $y_1 \approx y_2 \approx 0$ при разных энергиях^{6,7}.

Видно, что значения $R(0,0)$ при $p = 40$ ГэВ/с /для $-0,2 < y_1, y_2 < 0,2$ / совпадают в пределах ошибок со значениями $R(0,0)$ при энергиях 205 ГэВ и ISR /для ISR - только $R_{cc}(0,0)$ /. Максимум R -функции наблюдается при $y_1 \approx y_2 \approx 0$, и величина максимума в пределах ошибок не меняется в центральной области;

$$R_{+-}(0,0) > R_{cc}(0,0) > R_{--}(0,0) \approx R_{++}(0,0).$$

Интересной особенностью R_{+-} -функции является не-

ТАБЛИЦА I

Эксперимент	$R(0,0)$				$C(0,0)$			
	++	+-	--	cc	++	+-	--	cc
ПР, 40 ГэВ/с	0,21±0,06	0,59±0,08 0,79±0,09*	0,27±0,07	0,41±0,04	0,13±0,03	0,32±0,04	0,13±0,03	0,90±0,03
РР, 205 ГэВ/с	0,25±0,05	0,67±0,06	0,38±0,06	0,50±0,06	0,22±0,04	0,47±0,04	0,21±0,04	1,38±0,16
РР [5-23+63 (ГэВ) ²]				0,65±0,05				

Значения функции R и C при $y_1 \approx y_2$ при разных энергиях.

Для $P=40$ ГэВ/с - $0,2 < y_1, y_2 < 0,2$; для $P=205$ ГэВ/с - $0,25 < y_1, y_2 < 0,25$ для cc -пар и $-0,5 < y_1, y_2 < 0,5$ для остальных комбинаций.

*) Значение $R_{+-} = 0,79 \pm 0,09$ является максимальным и достигается в интервале $-0,2 < y_{\pi} < 0,2$; $-0,6 < y_{\pi} < -0,2$.

симметричное положение максимума: в интервале $-0,2 < y_{\pi^+} < 0,2$; $-0,6 < y_{\pi^-} < -0,2$ $R_{+-} = 0,79 \pm 0,09$; тогда как $R_{+-}(0,0) = 0,59 \pm 0,08$.

Значения R-функции, рассчитанные по фазовому объему, систематически ниже экспериментальных в центральной области. ММ качественно описывает эксперимент /в пределах двух стандартных ошибок/ для всех комбинаций заряженных π -мезонов /на рис. 1 расчеты по модели приведены только для пар заряженных π -мезонов/.

§2. Полуинклюзивные корреляции по быстроте

В табл. 2 и на рис. 2-4 представлены экспериментальные значения корреляционных функций для отдельных множественностей вторичных заряженных частиц $(R_{+-}^{(2)}(y_1, y_2))$ не рассматривалось из-за недостатка

статистики для определения $\frac{1}{\sigma} \frac{d^2\sigma}{dy_1 dy_2}$. События

$n_c > 10$ были объединены, и для них $\langle n_c \rangle \approx 13$. Значения $R_{+-}^{(n)}(0,0)$ определялись по интервалу $-0,6 < y_1, y_2 < 0,6$; в меньшем интервале значения R-функции не отличаются существенно от приведенных, однако ошибки возрастают. Из табл. 2 и рис. 2 видно, что значения $C_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$ и $R_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$ в пределах двукратных ошибок от-

личны от нуля и с ростом n приближаются к нулю снизу. $C_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$ и $R_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$ в пределах ошибок не отличаются от нуля для $n_c = 4, 6, 8, 10$.

Величины функций $R_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$ и $C_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$ совпадают с данными NAL^{6/}. Поведение $R_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$ отличается от наблюдаемого на ISR^{7/}. Возможно, это отличие обусловлено методическими особенностями эксперимента на ISR^{7/}. Фазовые кривые и расчеты по модели совпадают между собой и качественно согласуются с экспериментальными данными по $R_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$. Однако для $C_{\pm\pm}^{(n)}(0,0)$

согласие расчетов и эксперимента значительно хуже, особенно для фазового пространства, что связано с чув-

ТАБЛИЦА 2

n_c	$R^{(n)}(0,0)$				$C^{(n)}(0,0)$			
	+		-		+		-	
	+	-	+	-	+	-	+	-
2+20	$0,21 \pm 0,06$	$0,59 \pm 0,08$ $0,79 \pm 0,09$	$0,27 \pm 0,07$	$0,41 \pm 0,04$	$0,32 \pm 0,04$	$0,13 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,08$
4	$-0,47 \pm 0,04$	$0,10 \pm 0,07$	$-0,42 \pm 0,05$	$-0,28 \pm 0,03$	$0,02 \pm 0,01$	$-0,06 \pm 0,01$	$-0,18 \pm 0,03$	$-0,18 \pm 0,03$
6	$-0,31 \pm 0,04$	$0,04 \pm 0,05$	$-0,31 \pm 0,04$	$-0,14 \pm 0,03$	$0,03 \pm 0,03$	$-0,19 \pm 0,03$	$-0,35 \pm 0,07$	$-0,35 \pm 0,07$
8	$-0,23 \pm 0,04$	$0,01 \pm 0,05$	$-0,20 \pm 0,04$	$-0,10 \pm 0,03$	$0,02 \pm 0,07$	$-0,34 \pm 0,07$	$-0,7 \pm 0,2$	$-0,7 \pm 0,2$
10	$-0,16 \pm 0,05$	$0,03 \pm 0,06$	$-0,16 \pm 0,05$	$-0,07 \pm 0,04$	$0,1 \pm 0,2$	$-0,5 \pm 0,2$	$-0,8 \pm 0,5$	$-0,8 \pm 0,5$
12+20 $\langle n_c \rangle \approx 13$	$-0,11 \pm 0,06$	$0,02 \pm 0,06$	$-0,08 \pm 0,07$	$-0,04 \pm 0,05$	$0,1 \pm 0,4$	$-0,4 \pm 0,4$	$-0,8 \pm 1,0$	$-0,8 \pm 1,0$

Значения функций R и C при $y_1 = y_2 = 0$ для различных множественностей n_c .
Для $n_c = 4, 6, 8, 10, 12+20$ $-0,6 < y_1, y_2 < 0,6$

* См. сноску к табл. 1.

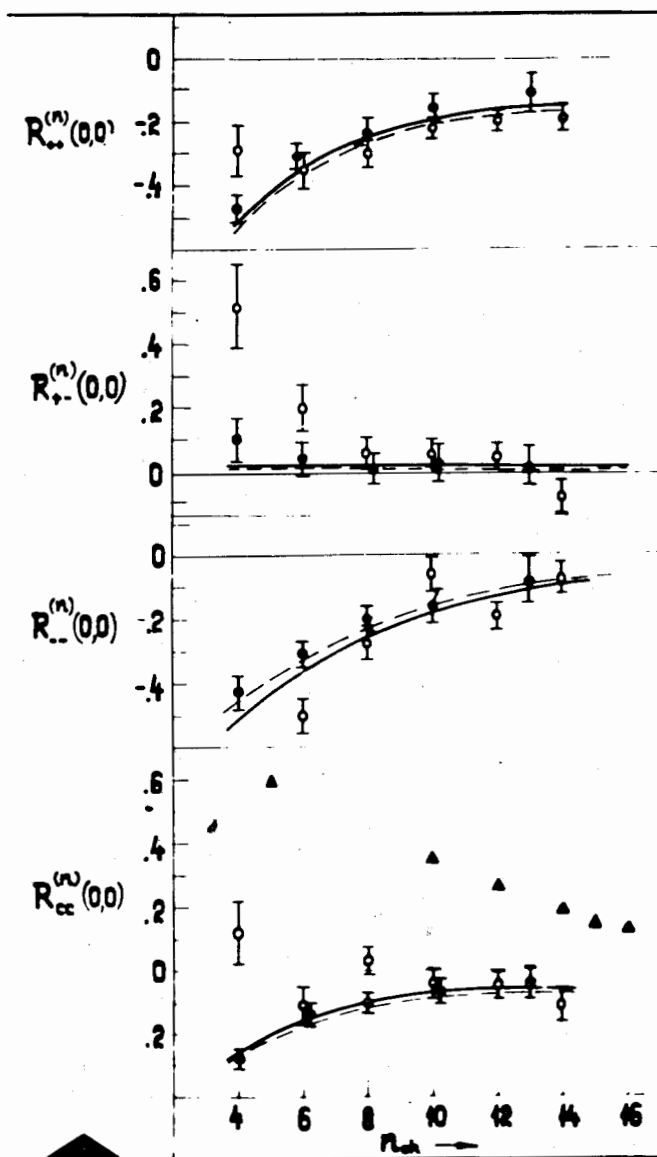
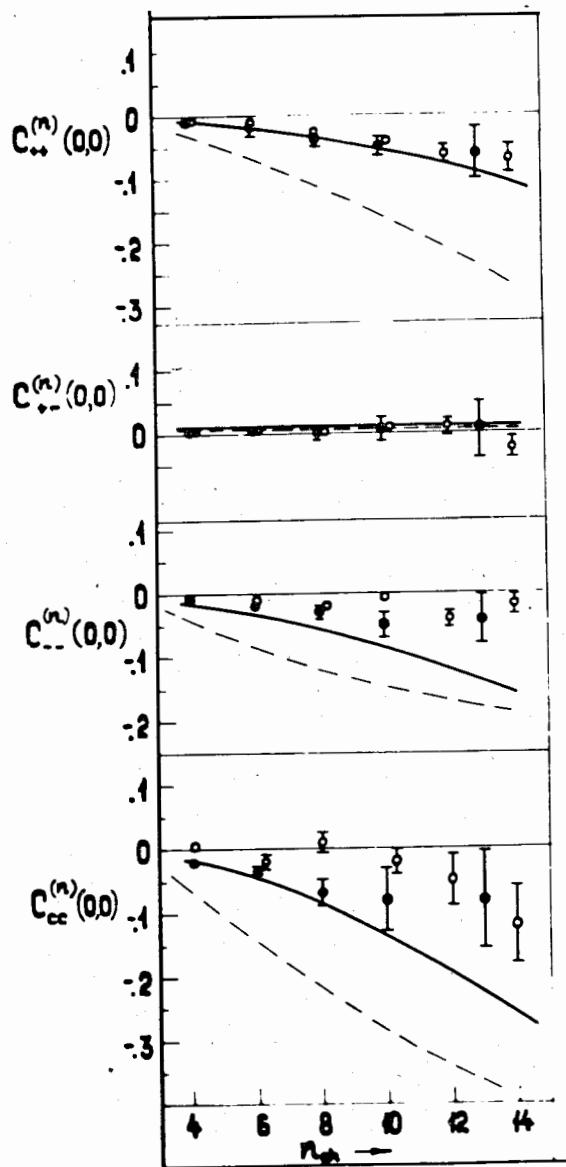


Рис. 2. Центральные значения С- и R-функций в зависимости от множественности вторичных заряженных частиц в сравнении с фазовым объемом, моделью, данными NAL и ISR: \bullet - π^-p - 40 ГэВ/с; \circ pp - 200 ГэВ/с; \blacktriangle pp - $\sqrt{s} = 62,80$ ГэВ; - - - - фазовое пространство π^-p 40 ГэВ/с, — модель.

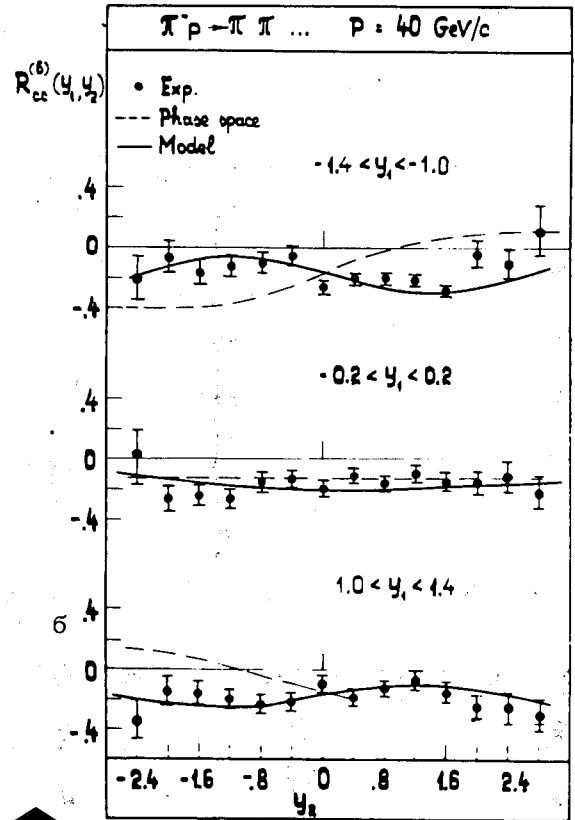
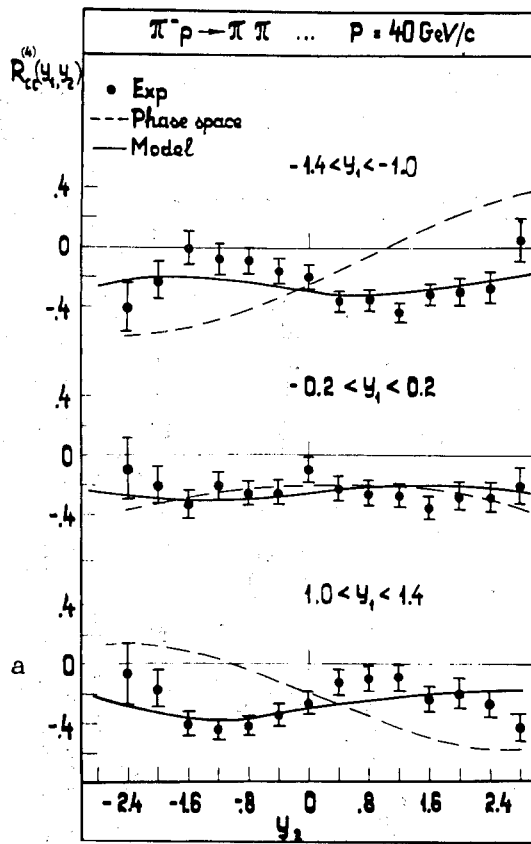
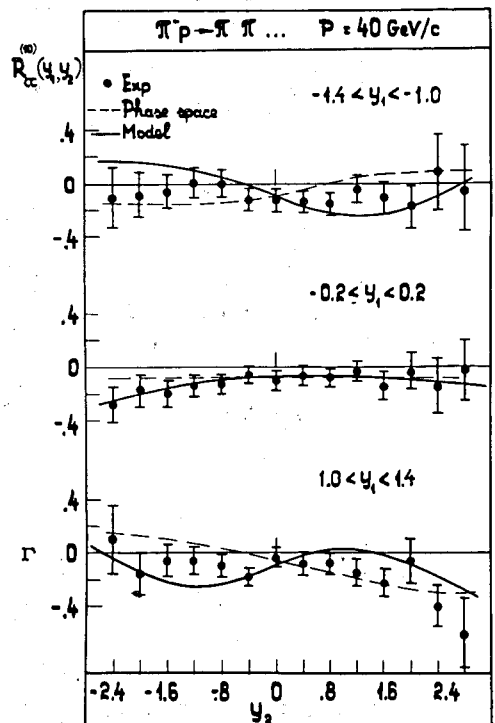
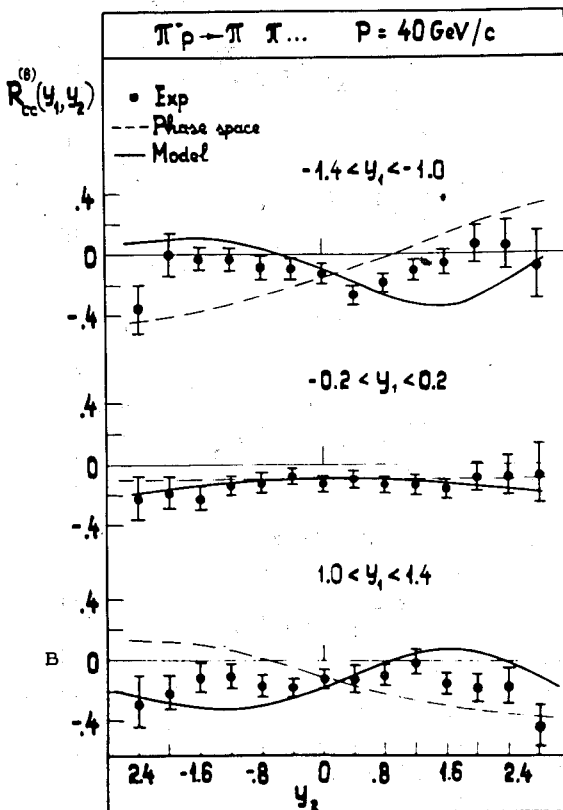


Рис. 3. а, б, в, г. Значения R-функции для пар заряженных π -мезонов по каналам с определенными множественностями вторичных заряженных частиц.



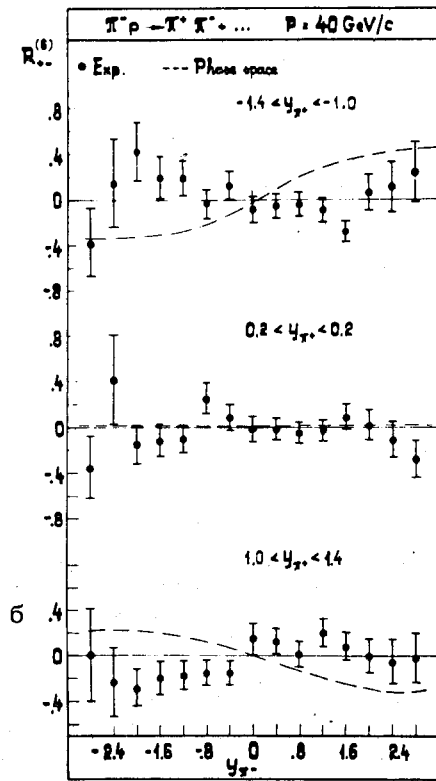
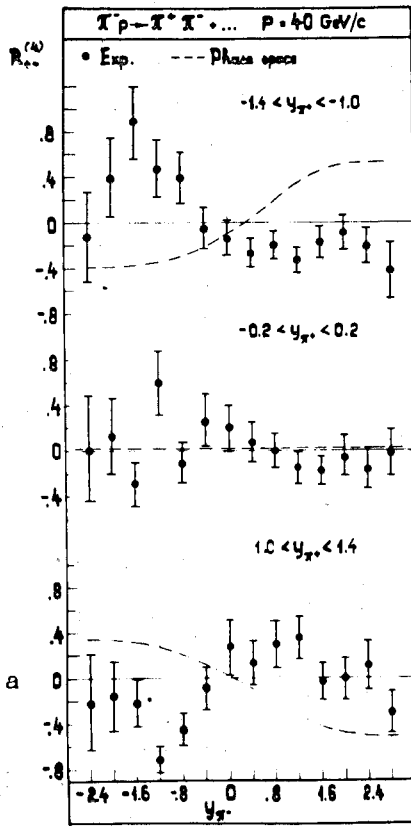
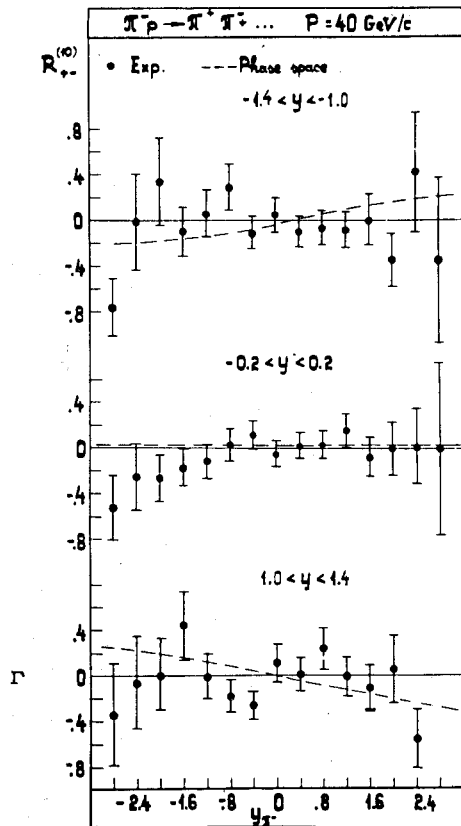
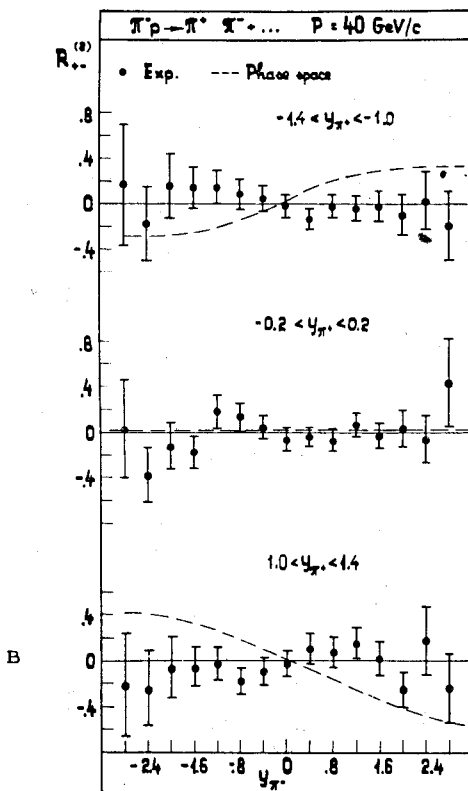


Рис. 4. а, б, в, г. То же, что на рис. 3, для пар $\pi^+ \pi^-$ -мезонов.



ствительностью С-функции к относительно одинаковым изменениям $\frac{1}{\sigma} \frac{d^2\sigma}{dy_1 dy_2}$ и $\frac{1}{\sigma^2} \frac{d\sigma}{dy_1} \frac{d\sigma}{dy_2}$ в отличие от R-функции.

Характерными особенностями поведения функций $R_{cc}^{(n)}(y_1, y_2)$ являются следующие: а/ в центральной области функция $R_{cc}^{(n)} = \text{CONST}$ /для данного n_c / и совпадает как с фазовой зависимостью, так и с расчетом по модели;

в/ $R_{cc}^{(n)} \neq \text{CONST}$, если хотя бы одна из частиц находится вне центральной области; в этом случае экспериментальные значения существенно отличаются от фазовых кривых, но удовлетворительно описываются моделью.

С ростом n_c зависимость $R_{cc}^{(n)}$ от y_1, y_2 становится менее выраженной.

Примерно аналогичное поведение имеют $R_{++}^{(n)}$ и $R_{--}^{(n)}$. Функция $R_{++}^{(n)}$ несимметрична и имеет положительный максимум при $-1,8 < y_{\pi^-} < 1,4$; $-1,0 < y_{\pi^+} < -0,6$. С ростом n_c величина максимума и асимметрия распределений уменьшаются. Такое поведение $R_{++}^{(n)}$ качественно согласуется с наличием лидирующего π^- -мезона.

Расчет по фазовому объему резко отличается от наблюдаемого поведения $R_{++}^{(n)}$: модель качественно его описывает. Таким образом, наблюдаемые на эксперименте основные особенности поведения R-функций для различных пар заряженных π -мезонов в инклюзивных и полуинклюзивных реакциях соответствуют физическим представлениям о динамике процессов множественного рождения, заложенных в ММ.

§3. Азимутальные корреляции

Нами было прослежено изменение характера распределений $\frac{1}{\pi\sigma} \frac{d\sigma}{d\phi}$ по азимутальному углу:

$$\cos \phi = \frac{(P_{\perp 1} \cdot P_{\perp 2})}{|P_{\perp 1}| \cdot |P_{\perp 2}|}$$

для центральной и нецентральной областей в зависимости от разности быстрот $\Delta y = y_1 - y_2$ и поперечных импульсов.

Центральная область была выделена условиями $|\Delta y| < 2$, $|y_1|, |y_2| < 1$.

Область фрагментации рассматривалась при двух условиях:

а/ $|\Delta y| < 2, |y_1|, |y_2| > 1$, т.е. оба π -мезона находятся одновременно справа или слева от центральной области;

в/ $|\Delta y| > 2, |y_1|, |y_2| > 1$, иными словами, при этих условиях большая часть комбинаций такова, что π -мезоны находятся по разные стороны от центральной области.

В табл. 3 приведены значения коэффициентов асимметрии

$$A = \frac{\int_{-\pi/2}^{\pi} \frac{d\sigma}{d\phi} d\phi - \int_0^{\pi/2} \frac{d\sigma}{d\phi} d\phi}{\int_0^{\pi} \frac{d\sigma}{d\phi} d\phi}$$

для $|\Delta y| \geq 2$ в центральной и вне центральной области по y , для любых $|\Delta y|$ и для $P_{\perp 1}, P_{\perp 2} > 0,150 \text{ ГэВ/с}$ и $> 0,350 \text{ ГэВ/с}$.

Видно, что $A_{+-} > A_{--} \approx A_{++}$, а для $|\Delta y| < 2$ независимо от выбранной области $A_{++} \approx A_{--} \approx 0$, $A_{+-} \neq 0$. Для $|\Delta y| > 2$ A_{++}, A_{--} значительно больше, чем в центральной области. С ростом поперечных импульсов асимметрия для всех пар π^- -мезонов растет. На рис. 5 а/ и б/ приведены соответствующие распределения $\frac{1}{\pi\sigma} \frac{d\sigma}{d\phi}$ для эксперимента, фазового пространства и ММ. Одинаково заряженные частицы различным образом распределены по ϕ при $|\Delta y| < 2$ и при $|\Delta y| > 2$, где не наблюдается существенной разницы между $\pi^{\pm}\pi^{\pm}$ и $\pi^+\pi^-$ комбинациями. Характер экспериментальных распределений по азимутальному углу /в сравнении с фазовым объемом и ММ/ зависит как от области регистрации вторичных π -мезонов и от расстояния между ними по быстрой, так и от зарядов π -мезонов и их поперечных импульсов. Расчеты по фазовому объему и модели хуже согласуются с экспериментальными данными в области малых углов, особенно в области фрагментации ($|\Delta y| < 2, |y_1|, |y_2| > 1$), и при

ограничениях на поперечные импульсы π -мезонов /независимо от зарядов пары/. Возможно, что это обусловлено дальними корреляциями.

ТАБЛИЦА 3

Ограничения по y и ρ_1	Тип комбинации	$\pi^+\pi^+$	$\pi^+\pi^-$	$\pi^-\pi^-$
$ \Delta y > 2$		$0,06 \pm 0,02$	$0,11 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$
		0,00	0,05	0,05
		0,02	0,06	0,05
$ \Delta y < 2$		$0,05 \pm 0,01$	$0,10 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$
		0,06	0,09	0,08
		0,07	0,14	0,12
$ \Delta y < 2$ $ y_1, y_2 < 1$		$0,05 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,01$	$0,04 \pm 0,01$
		0,06	0,09	0,07
		0,08	0,12	0,10
$ \Delta y < 2$ $ y_1, y_2 < 1$		$0,04 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,01$
		0,07	0,10	0,08
		0,11	0,12	0,10
$ \Delta y > 2$ $ y_1, y_2 > 1$		$0,00 \pm 0,03$	$0,15 \pm 0,01$	$0,01 \pm 0,02$
		0,10	0,10	0,06
		0,10	0,30	0,20
$ \Delta y > 2$ $ y_1, y_2 > 1$		$0,10 \pm 0,03$	$0,13 \pm 0,01$	$0,10 \pm 0,02$
		0,07	0,04	0,03
		0,03	0,08	0,05
$P_{11}, P_{22} > 0,150 \text{ ГэВ/с}$		$0,08 \pm 0,01$	$0,14 \pm 0,01$	$0,07 \pm 0,01$
		0,08	0,11	0,09
		0,13	0,18	0,15
$P_{11}, P_{22} > 0,350 \text{ ГэВ/с}$		$0,18 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,02$
		0,13	0,17	0,20
		0,30	0,32	0,30

Значения коэффициентов асимметрии распределений $\frac{1}{\Delta\phi} \frac{\partial\sigma}{\partial\phi}$ при разных условиях отбора частиц. Вторые и третьи цифры указывают соответствующие значения для фазового объема и мультипериферической модели соответственно.

Основные выводы работы могут быть сформулированы следующим образом:

а/ поведение корреляционных функций указывает на наличие ближних корреляций;

б/ значения корреляционных функций при $y_1 \approx y_2 \approx 0$ в пределах ошибок не зависят от энергии столкновения и типа сталкивающихся частиц;

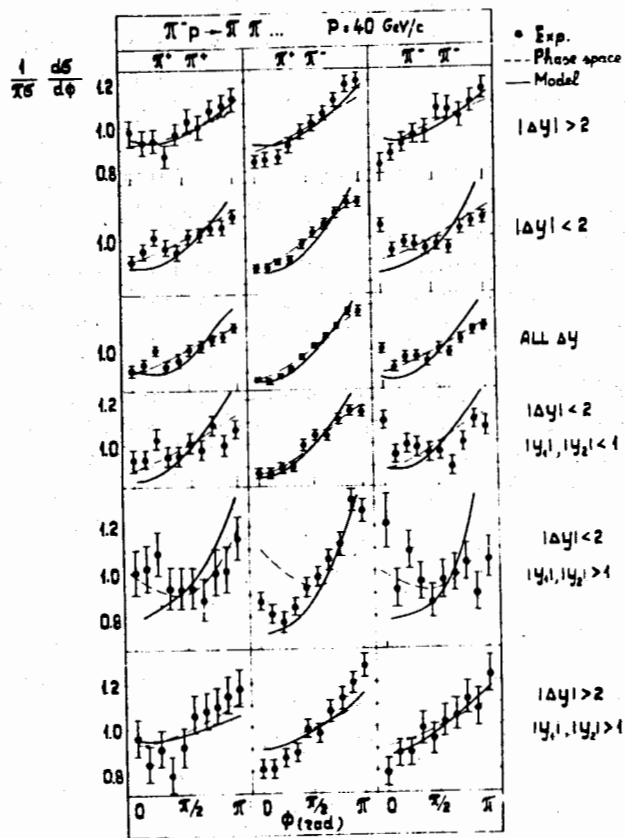
в/ поведение инклюзивных корреляционных функций в основном определяется каналами с малыми множественностями заряженных частиц;

г/ экспериментальные данные по азимутальным углам обнаруживают зависимость от положения пары π -мезонов и расстояния между ними на оси продольных быстрот, от заряда пары и поперечных импульсов /полученные результаты указывают на существование дальних корреляций/;

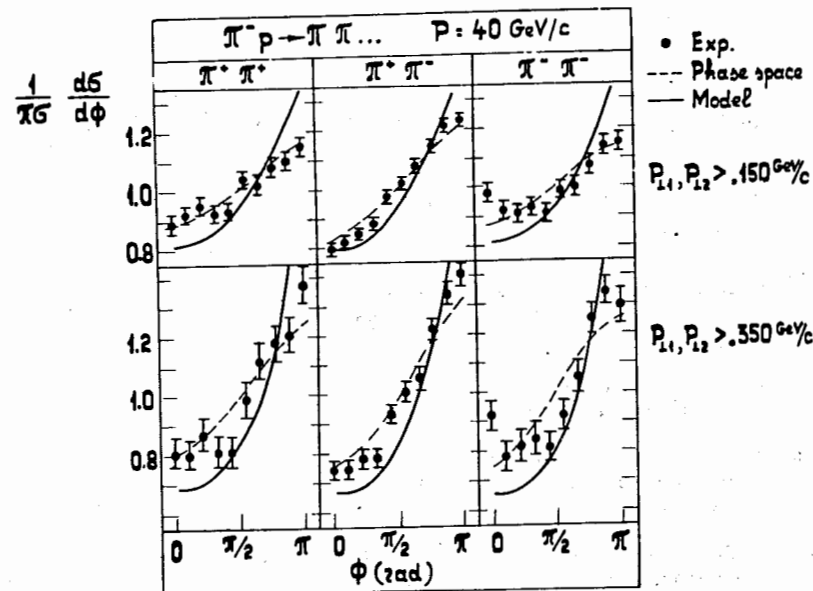
д/ качественное сравнение мультипериферической модели с экспериментальными данными показывает удовлетворительное согласие для инклюзивных и полунклюзивных корреляционных функций, но эта модель не описывает распределения по азимутальному углу в области малых углов и при определенных ограничениях на поперечные импульсы π -мезонов.

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

Рис. 5 а,б. Распределения по разности азимутальных углов пар π -мезонов при различных ограничениях на их быстроты и поперечные импульсы.



а



б

* Литература

1. А.У.Абдурахимов и др. Препринт ОИЯИ, P1-7543, Дубна, 1973;
2. Nucl.Phys., B74, 1 (1974).
3. А.У.Абдурахимов и др. Препринт ОИЯИ, 1-6967, Дубна, 1973; Нгуен Дин Ты и др. Препринт ОИЯИ, 13-5942, Дубна, 1971.
4. Е.И.Волков и др. ЯФ, 17, 407 /1873/; 18, 437 /1973/; 20, 149/1974/.
5. Е.Л.Фейнберг. УФН, 104, 1971.
6. R.Singer et al. Phys.Lett., 49B, 481 (1974).
7. G.Billettini. Paper given at Stony Brook, August, 1973; L.Foa. Suppl. Journal de Physique, 34, C1-317 (1973).

Рукопись поступила в издательский отдел 11 сентября 1974 года.