

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



21/VII-78

П-25

3466 | 2-78

1 - 11540

В.Н.Пенев, А.И.Шкловская

ИЗУЧЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ МЕЖДУ P^\pm -МЕЗОНАМИ
В P^\pm -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
С РОЖДЕНИЕМ ЧАСТИЦ,
ИМЕЮЩИХ БОЛЬШИЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ ИМПУЛЬСЫ

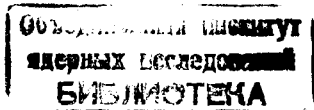
1978

1 - 11540

В.Н.Пенев, А.И.Шкловская

ИЗУЧЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИЙ МЕЖДУ P^{\pm} -МЕЗОНАМИ
В P^- -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ
С РОЖДЕНИЕМ ЧАСТИЦ,
ИМЕЮЩИХ БОЛЬШИЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ ИМПУЛЬСЫ

Направлено в ЯФ



Пенев В.Н., Шкловская А.И.

1 - 11540

Изучение корреляций между π^\pm -мезонами в π^-p -взаимодействиях с рождением частиц, имеющих большие поперечные импульсы

Изучались взаимодействия π^- -мезонов с протонами при импульсе π^- -мезонов 40 ГэВ/с, в которых образовывались частицы, имеющие большие поперечные импульсы ($p_T > 0,8$ ГэВ/с). Рассмотрены азимутальные асимметрии π^\pm -мезонов, сопровождающих такие частицы, и зарядовые корреляции между ними. Взаимодействия были зарегистрированы в двухметровой пропановой пузырьковой камере ОИЯИ. Для событий с двумя π^\pm -мезонами с $p_T > 0,8$ ГэВ/с в распределениях быстрот обнаружены максимумы при $Y_1 \approx Y_2$, которые можно интерпретировать, как быстродействующие корреляции между частицами, имеющими большие поперечные импульсы.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Penev V.N., Shklovskaya A.I.

1 - 11540

Investigation of Correlations between π^\pm -Mesons in π^-p -Interactions with the Production of Particles with Large Transverse Momenta

On the basis of the investigation of π^-p -interactions at 40 GeV/c, further study of the azimuthal asymmetry of the π^\pm -mesons, accompanying a particle with $p_T > 0.8$ GeV/c, as well as of the charge correlations between them, is carried out. In the case of events with two π^\pm -mesons with $p_T > 0.8$ GeV/c, in the distributions of rapidity at $Y_1 \approx Y_2$, maxima are observed, which may be interpreted as short-range correlations between particles with high transverse momentum.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

В работе представлены результаты дальнейшего исследования образования частиц с большими поперечными импульсами в π^-p -взаимодействиях при 40 ГэВ/с. Описание этого эксперимента и его методических особенностей содержится в работах^{/1-4/}. Используемый статистический материал, критерии отбора событий, оценка возможных примесей, точности и погрешности измерений для π^-p -взаимодействий с рождением частиц, имеющих поперечный импульс больше чем 0,8 ГэВ/с, обсуждались в предыдущей работе^{/5/}.

Настоящая работа посвящена исследованию корреляций между быстротами частиц в событиях типов

$$\pi^-p \rightarrow \pi_{p_T > 0,8}^\pm + \dots \quad /1/$$

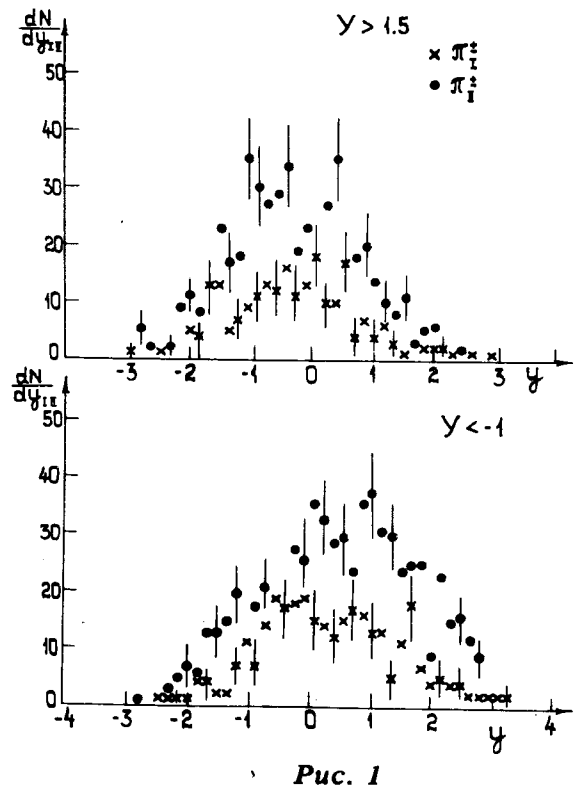
$$\pi^-p \rightarrow \pi_{p_T > 0,8}^\pm + \pi_{p_T > 0,8}^\pm + \dots \quad /2/$$

где через $\pi_{p_T > 0,8}^\pm$ обозначены π^\pm -мезоны, имеющие величину поперечного импульса больше 0,8 ГэВ/с.

Инклюзивные сечения этих взаимодействий составляют, по нашим оценкам, для событий типов /1/ и /2/ $/4_{-89 \pm 0,05} / \text{мб}$ и $/1,1 \pm 0,1 / \text{мб}$ соответственно.

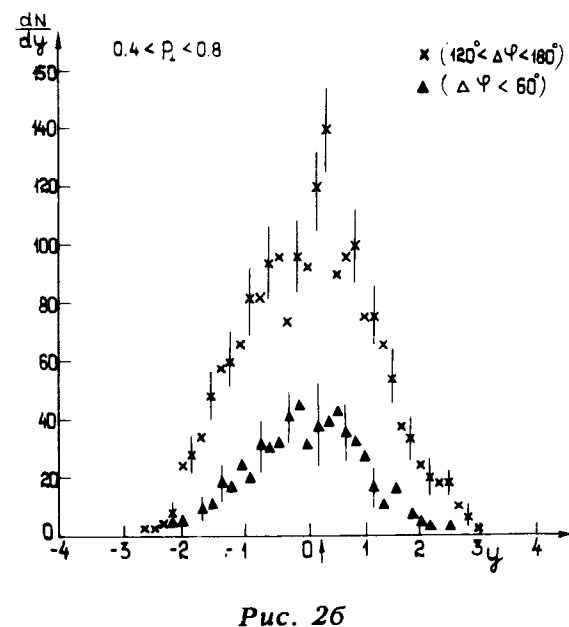
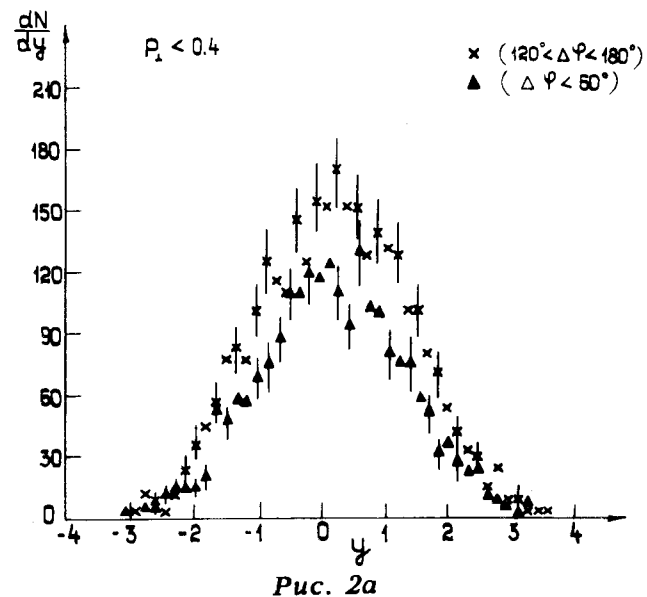
§1. АСИММЕТРИЯ ВЫЛЕТА ЧАСТИЦ

В нашей предыдущей работе^{/5/} мы показали, что при 40 ГэВ/с в событиях типа /1/ имеет место азиру-



тальная асимметрия вылета частиц по отношению к частице с большим поперечным импульсом. Этот факт был истолкован нами как возможное указание на существование струн вылета адронов в направлении, противоположном вылету частицы с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$.

Обозначим через $\Delta\phi$ разность азимутальных углов между направлениями вылета частицы с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$ и остальными. Будем считать, что при $|\Delta\phi| < 60^\circ$ π -мезон летит вместе с частицей, имеющей большой поперечный импульс /область I/, а при $120^\circ < \Delta\phi < 180^\circ$ направление вылета его противоположно /область II/. Отношение между частицами II и I областей характеризует степень наблюдаемой асимметрии.



В настоящей работе проведено разделение вторичных частиц, сопровождающих частицу с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$, по поперечному импульсу и показано, что для интервала $\Delta p_T / 0,4-0,8 / \text{ ГэВ/с}$ указанная асимметрия проявляется сильнее, чем для интервала $/0-0,4 \text{ ГэВ/с}/$. В табл. 1 представлены отношения n_{II}/n_I и средние значения быстрот для частиц, сопровождающих частицы с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$, в этих двух интервалах Δp .

Таблица 1

$\Delta p_T, \text{ ГэВ/с}$	n_{II}/n_I	$\langle y_c \rangle_I$	$\langle y_c \rangle_{II}$
0-0,4	$1,43 \pm 0,6$	$0,15 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,02$
0,4-0,8	$3,35 \pm 0,19$	$0,09 \pm 0,04$	$0,13 \pm 0,02$

Как видно из табл. 1, средние скорости "сопровождения" $\langle y_c \rangle$ слабо зависят от области $\Delta \phi$ и от Δp_T . Отношение n_{II}/n_I для Δp_T в интервале $/0 \div 0,4 \text{ ГэВ/с}/$ значительно выше, чем для Δp_T интервала $/0,4 \div 0,8 / \text{ ГэВ/с}$.

Увеличение асимметрии вылета для разных интервалов p_T наглядно проявляется на рис. 2а,б, где крестиками указаны распределения частиц по $\Delta \phi$ в области II, а треугольниками - в области I. Рис. 2а соответствует Δp_T в интервале $/0-0,4/$, рис. 2б - в интервале $/0,4 \div 0,8/$. Видно, что треугольники на рис. 2а расположены значительно выше, чем на рис. 2б, что позволяет сделать вывод о том, что частиц, летящих назад по отношению к частице с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$, больше и они имеют в среднем большее значение поперечного импульса, чем летящие вместе с ней.

§2. РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПО БЫСТРОТЕ ДЛЯ РАЗНЫХ ОБЛАСТЕЙ АЗИМУТАЛЬНОГО УГЛА

В событиях типа /1/ мы исследовали зависимость между скоростью Y частицы с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$ и быст-

Таблица 2

$\Delta \phi$	$\langle y_c \rangle$		
	Без разделения по Y	$Y > 1,5$	$-1 < Y < 1,5$
$0^\circ - 60^\circ$ (I область)	$0,139 \pm 0,021$	$-0,248 \pm 0,068$	$0,143 \pm 0,023$
$120^\circ - 180^\circ$ (II область)	$0,173 \pm 0,16$	$-0,278 \pm 0,047$	$0,174 \pm 0,018$

ротами сопровождающих ее частиц для различных интервалов Y и $\Delta\phi$. Для каждого из трех интервалов быстроты $Y (Y > 1,5; Y < -1$ и $-1 < Y < 1,5)$ были рассчитаны средние скорости "сопровождения", представленные в табл. 2.

Как следует из рассмотрения табл. 2, средняя скорость частиц "сопровождения", $\langle y_c \rangle$, почти не зависит от области $\Delta\phi$ и определяется скоростью Y частицы с большим поперечным импульсом. Чем больше Y , тем с меньшей скоростью движутся частицы, сопровождающие ее, и наоборот.

К такому же выводу приходим, рассматривая рис. 1, который представляет распределение по скоростям в I и II областях по $\Delta\phi$ частиц, сопровождающих частицу с $p_T > 0,8$ ГэВ/с для двух интервалов скорости Y . Из этих рисунков видно, что для $\Delta\phi$ как в интервале $/0^\circ \div 60^\circ/$, так и в интервале $/120^\circ \div 180^\circ/$ в области фрагментации π^- -мезона с $p_T > 0,8$ ГэВ/с ($Y > 1,5$) наблюдается смещение спектров "сопровождения" в направлении фрагментации мишени. Вылет же частицы с большим поперечным импульсом в область $Y < -1$ влечет за собой смещение спектра скоростей "сопровождения" в сторону положительных скоростей. Величина наблюдаемого эффекта, по-видимому, не может быть объяснена одной лишь кинематикой, так как влияние фазового объема более существенно в области I, чем в области II, а в табл. 2 мы видим обратный эффект. Следует, однако, отметить, что чисто кинематический сдвиг при $Y > 1,5$ может достигать значения $\approx 0,4$, т.е. того же порядка, что и величины, приведенные в табл. 2.

§3. ЗАРЯДОВЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ

Имеется ли корреляция между зарядом частицы с $p_T > 0,8$ ГэВ/с и зарядом частиц, сопровождающих ее?

Как было показано в работах ^{6-8/} и предыдущей нашей публикации ^{5/}, наблюдается сильная зарядовая асимметрия среди частиц, вылетающих с большим p_T .

Таблица 3

$\Delta\phi$	Заряд частиц с $p_T > 0,8$ ГэВ/с		Заряд "сопровождения"	
	+	-	+	-
$0^\circ - 60^\circ$	$0,069 \pm 0,045$	$0,252 \pm 0,044$	$0,339 \pm 0,041$	$-0,079 \pm 0,037$
$120^\circ - 180^\circ$	$0,312 \pm 0,042$	$0,401 \pm 0,032$	$-0,582 \pm 0,021$	$0,738 \pm 0,031$
	$0,114 \pm 0,036$	$0,197 \pm 0,034$	$0,367 \pm 0,030$	$-0,011 \pm 0,003$
	$-0,357 \pm 0,029$	$0,462 \pm 0,028$	$-0,610 \pm 0,022$	$0,670 \pm 0,033$

что подтверждается резкой двугорбой структурой распределения dN/dY , приведенной в работе^{/5/}. Полученные там значения для средних быстрот пионов с $p_T > 0,8$ ГэВ/с ($\langle Y \rangle_+ = -0,24 \pm 0,029$, $\langle Y \rangle_- = 0,659 \pm 0,028$) были использованы нами в настоящей работе. Можно проследить, как меняется разность между средней скоростью "сопровождения" и скоростью частицы с $p_T > 0,8$ ГэВ/с для различных комбинаций знаков этих частиц. В табл. 3 приведены средние значения скоростей сопровождения, $\langle y_c \rangle$, разности между средними скоростями частиц с $p_T > 0,8$ ГэВ/с и частиц из "сопровождения" ($\langle Y \rangle - \langle y_c \rangle$) для различных областей $\Delta\phi$ и различных комбинаций знаков. Здесь, так же как и в §2, были использованы события только с одной частицей, имеющей $p_T > 0,8$ ГэВ/с.

Как видно из приведенной таблицы, средняя скорость "сопровождения" слабо зависит от области $\Delta\phi$ для данной комбинации заряда частицы с $p_T > 0,8$ ГэВ/с и зарядов π -мезонов, ее сопровождающих. Рассматривая далее различные комбинации этих зарядов, можно прийти к выводу о том, что они влияют на разность между средними скоростями частиц с $p_T > 0,8$ ГэВ/с и частиц, ее сопровождающих. Так, средняя разность $|\langle Y \rangle - \langle y_c \rangle|$ является минимальной, если частица с большим p_T и частица из ее "сопровождения" имеют одинаковые заряды, и эта разность существенно возрастает, если знаки их зарядов противоположны.

§4. КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ДВУМЯ π^\pm МЕЗОНАМИ С БОЛЬШИМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

Здесь мы рассмотрим только такие события /тип 2/, в которых образовалось два π^\pm -мезона, имеющих поперечные импульсы $p_T > 0,8$ ГэВ/с. Изучение распределений по скоростям таких частиц, $\frac{dN}{dy_{\pi^\pm}}$, обнаруживает интересные особенности.

На рис. 3 приведено распределение по скоростям $\pi_{p_T > 0,8}^\pm$ обычное, dN/dy_1 , где $i=1,2$ /обозначено крестиками/, а также распределение по скорости систе-

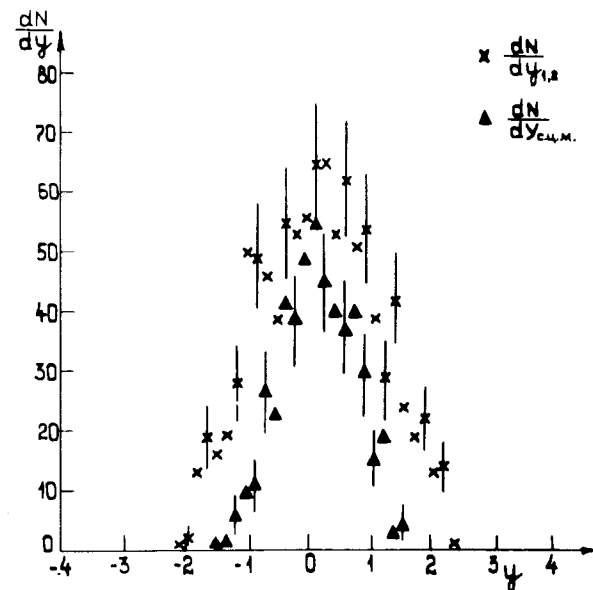


Рис. 3

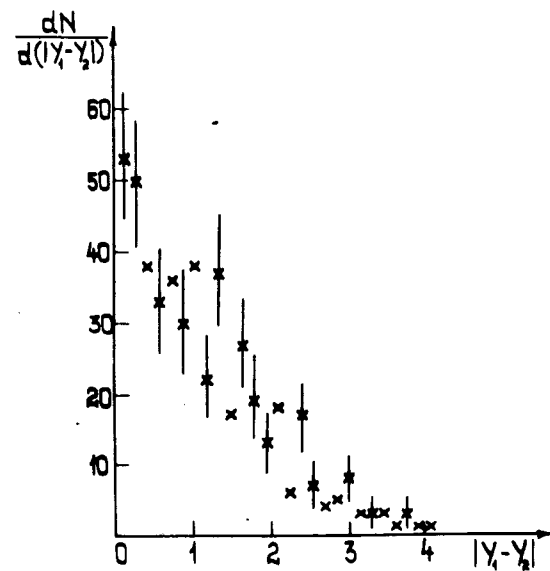


Рис. 4

мы центра инерции двух π^\pm -мезонов с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$, $dN/dY_{\text{с.ц.м.}}$. Как видно из приведенного рис. 3, распределение $dN/dY_{\text{с.ц.м.}}$ для всех экспериментальных точек является более узким, чем инклюзивное распределение dN/dy_i . Это обстоятельство может быть указанием на существование корреляции между адронами с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$ и, скорее всего, на то, что оба таких адрона образовались при одном жестком соударении, а не являются парой случайных частиц с поперечным импульсом, большим среднего поперечного импульса пиона во взаимодействии.

На рис. 4 дано распределение абсолютной разности между быстротами обеих частиц с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$ во взаимодействиях типа /2/. Обращает на себя внимание факт, что близких к нулю разностей Δy встречается больше, т.е. чаще всего рождаются адроны с близкими быстротами.

Более полную картину поведения быстрот частиц π^\pm с $p_T > 0,8$ дают "двумерные" распределения, хотя из-за малого количества событий интервалы, в которых одна из быстрот зафиксирована, очень большие. Тем не менее оказалось, что если разделить все события по величине быстроты одного из π -мезонов с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$ на 3 группы $Y_2 > 1,5$; $-1 < Y_2 < 1,5$ и $Y_2 < -1$ / и для них построить распределения быстрот для другого π -мезона с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$, то обнаруживается следующая картина. При $Y_2 > 1,5$ в распределении dN/dY_1 /рис. 5а/ наблюдаются две области: одна - с резким пиком при $Y_1 \cong Y_2$ и вторая - с менее выраженным максимумом в области $Y_1 \cong -Y_2$. Аналогично ведет себя распределение dN/dY_1 , если $Y_2 < -1$. В этом случае /рис. 5б/ мы наблюдаем резкий максимум при $Y_1 \cong Y_2$ и более слабо выраженную структуру в области, противоположной Y_2 на шкале быстрот. Наконец, в центральной области /рис. 5б/ также имеется максимум при $Y_1 \cong Y_2$, хотя распределение по Y_1 имеет значительную ширину. Таким образом, очевидно, что среди отобранных взаимодействий четко выделяется группа событий, в которых оба π -мезона с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ/с}$ имеют близкие быстроты, $\langle Y_1 \rangle \cong \langle Y_2 \rangle$. За-

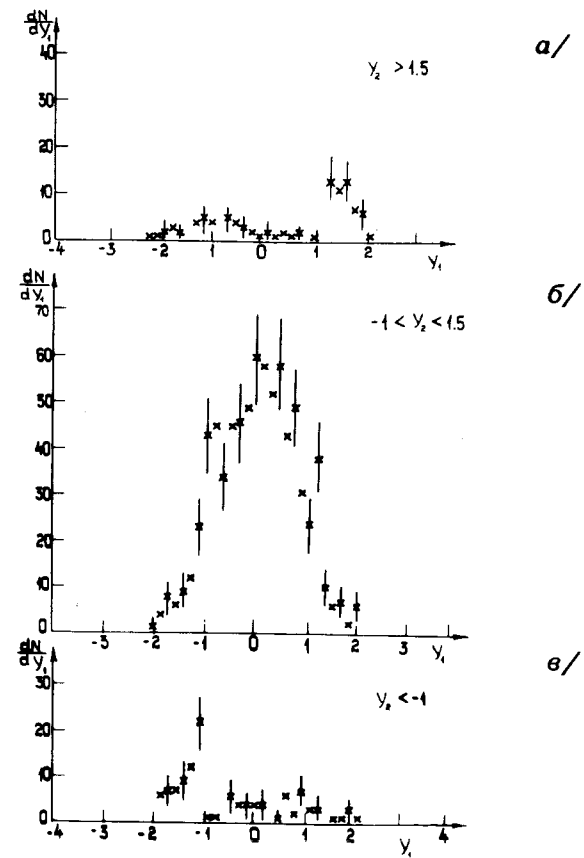


Рис. 5

метен также и другой вид взаимодействий, для которых $\langle Y_1 \rangle \cong -\langle Y_2 \rangle$.

В рамках мультипериферической модели максимум при $Y_1 \cong Y_2$ может быть объяснен наличием короткодействующих корреляций, если только столь характерная форма /быстрое спадание при $Y < -1$ и небольшая ширина/ не связана с рождением какого-то, сравнительно тяжелого резонанса /например, A_1 -мезона или $N(1700)$ -изобары и т.д./. Короткодействующая корреляция может возникнуть и в модели жесткого соударения кварков, если сечение кварк-кваркового рассеяния быстро падает

с ростом парной энергии \hat{S}_{qq} , например, как $d\sigma_{qq}/dt_{qq} \sim \frac{1}{S_{qq}^2}$.

Дальнодействующая корреляция /при $Y_1 = -Y_2$ / могла бы соответствовать либо столкновению валентных кварков, которые после упругого рассеяния дают $(Y_1 - 0,2) = -(Y_2 - 0,2)$, где $0,2 = 1/2 \ln 1,5 = y_{с.п.м.}$ кварков, либо процессу типа двойной дифракционной диссоциации /рис. 6/. В этих процессах /DD-процессах/ распределение по $q_T^2 = t$ оказывается весьма широким:

$$\frac{d\sigma}{dt} \sim \alpha \exp(Bt), \quad \text{где } B_{DD} \approx 1 \text{ ГэВ}^{-2}, \text{ и за счет этого}$$

они могут приводить к рождению частиц с $p_T \approx 1 \text{ ГэВ}/c$.

Причем здесь не требуется обязательно иметь большой интервал Δy между линиями частиц M_1 и M_2 и не обязательно, чтобы реджеон был помероном. Для обменов другими реджеонами /с $a(0) \approx 1/2$ / наклон B , определенный из трехреджеонной области, даже меньше, чем для обмена помероном. Для событий из области максимума при $Y_1 \approx -Y_2$ /рис. 5/ нами было получено распределение по множественности заряженных частиц. Для случая /а/ на рис. 5 полученная средняя множественность равна $n_{ch} = 4,65 \pm 0,24$, что значительно ниже значения средней множественности для всех событий с рождением частиц с $p_T > 0,8 \text{ ГэВ}/c$, приведенной в работе /5/ и составляющей $n_{ch} = 6,33 \pm 0,07$, а также ниже значения средней множественности для всех неупругих $\pi^- p$ -взаимодействий: $n_{ch} = 5,37 \pm 0,06$. Наблюдаемый эффект падения средней множественности может свидетельствовать о существенной роли DD-процессов в рассматриваемой области ($Y > 1,5$). С помощью DD-процесса можно было бы объяснить и пик при $Y_1 \approx Y_2$, но в этом случае он должен бы состоять из адронов из области с близкими азимутальными углами $|\Delta\phi| < 60^\circ$, например/. Для выбора одной из предложенных гипотез необходимо изучить спектры частиц из области максимумов распределений по $\Delta\phi$, по зарядам и т.д., что невозможно в данной работе из-за крайне

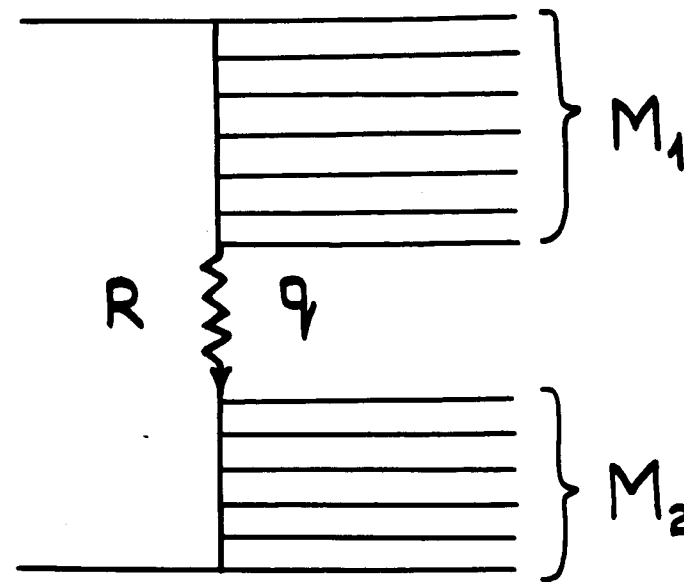


Рис. 6

ограниченного количества рассматриваемых взаимодействий.

В любом случае такое поведение максимумов при $Y_1 \approx Y_2$ для π^\pm -мезонов с большими поперечными импульсами ранее не наблюдалось и, как нам кажется, представляет определенный интерес.

Авторам приятно выразить свою благодарность участникам Сотрудничества по обработке снимков с 2-метровой пропановой пузырьковой камеры за предоставленный экспериментальный материал, полезные дискуссии и советы, В.Г.Гришину за постановку задачи, Е.М.Левину за плодотворные обсуждения, И.А.Первушиной за оформление рисунков, Ю.Йордановой за помощь в расчетах.

Мы глубоко признательны М.Г.Рыскину, чей постоянный интерес к работе, критические замечания, конкретные советы и предложения, касающиеся теоретического обоснования полученных результатов, а также чрезвы-

чайно плодотворные дискуссии в значительной степени стимулировали настоящую работу.

Приятно поблагодарить лаборантов за просмотр и измерение событий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахимов А.У. и др. ЯФ, 1972, 16, с.989.
2. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, 1-8501, Дубна, 1974.
3. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, P1-9810, Дубна, 1976.
4. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, P1-9785, Дубна, 1976.
5. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, P1-10672, Дубна, 1977.
6. Fretter W.V. e.a. Phys.Lett., 1975, 57B, 197.
7. Bartke J. e.a. Nucl.Phys., 1976, B117, 293.
8. Кладницкая Е.Н. и др. ОИЯИ, P1-10969, Дубна, 1977.

*Рукопись поступила в издательский отдел
3 мая 1978 года.*