

С 346.46

A-646

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



3778/2-77

19/IX-77

PI - 10672

Н.Ангелов, А.И.Аношин, Н.О.Ахабабян, Ц.Баатар,
С.Бацкович, В.Г.Гришин, Л.Д.Грекова,
С.В.Джмухадзе, Л.А.Диденко, И.А.Ивановская,
Ю.Иорданова, Т.Канарек, С.С.Козловская,
Е.Н.Кладницкая, В.Б.Любимов, С.И.Лютков, Ю.Надь,
В.Н.Пенев, Р.М.Назаргулов, В.Ф.Никитина,
В.М.Попова, А.Н.Соломин, М.И.Соловьев,
М.К.Сулейманов, Д.Тувдендорж, Н.Г.Фадеев,
Э.Т.Цивцивадзе, Л.М.Щеглова, А.И.Шкловская

ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ

С БОЛЬШИМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

В π^-p -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 40 ГэВ/с

1977

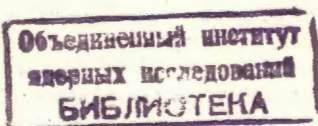
Н. Ангелов, А.И. Аношин,¹ Н.О. Ахабабян, Ц.Баатар,
 С.Бацкович,² В.Г. Гришин, Л.Д. Грекова,⁵
 С.В. Джмухадзе,³ Л.А. Диденко,¹ И.А. Ивановская,
 Ю.Иорданова, Т.Канарек, С.С.Козловская,
 Е.Н.Кладницкая, В.Б.Любимов, С.И.Лютов,¹ Ю.Надь,
 В.Н.Пенев,⁵ Р.М.Назаргулов, В.Ф.Никитина,
 В.М.Попова,¹ А.Н.Соломин,¹ М.И.Соловьев,
 М.К.Сулейманов,⁴ Д.Тувдендорж, Н.Г.Фадеев,
 Э.Т.Цивцивадзе,³ Л.М.Щеглова,¹ А.И.Шкловская

ОБРАЗОВАНИЕ ЧАСТИЦ

С БОЛЬШИМИ ПОПЕРЕЧНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ

В π^-p -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 40 ГэВ/с

Направлено в ЯФ



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

² Институт физики, Белград.

³ Тбилисский государственный университет.

⁴ Институт физики, Баку.

⁵ Институт ядерных исследований и ядерной энергетики, София.

Образование частиц с большими поперечными импульсами
в π^-p -взаимодействиях при 40 ГэВ/с

В настоящей работе изучаются средняя множественность вторичных заряженных частиц, распределения π -мезонов по переменной Фейнмана x и быстроте y , азимутальные корреляции в π^-p -взаимодействиях при $p = 40$ ГэВ/с с рождением частиц, имеющих большие ($p_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с) поперечные импульсы. Получено, что средняя множественность заряженных частиц в событиях, где рождаются частицы с $p_{\perp} > 0,8$ ГэВ/с, выше средней. Показано, что зарядовая асимметрия пионов увеличивается с ростом p_{\perp} , что особенно проявляется при $y > 0,5$. Наблюдаемая в азимутальной плоскости корреляция в вылете пионов относительно частицы с $p_{\perp} > 0,8$ ГэВ/с может указывать на наличие "струй" пионов, сопровождающих частицы с большим поперечным импульсом.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Production of Particles with Large Transverse
Momenta in π^-p Interactions at 40 GeV/c

The mean multiplicity of secondary charged particles, π -meson distributions on the Feynman variable x and rapidity y , and azimuthal correlations in π^-p interactions at $p = 40$ GeV/c with particle production having large (0.8 GeV/c) transverse momenta are studied. The average multiplicity in the events, where the particles with $p_{\perp} > 0.8$ GeV/c are produced, was found to be greater than the average one in this experiment. It is shown that the charge asymmetry of pions increases with p_{\perp} , which is revealed especially at $y > 0.5$. The observed in the azimuthal plane correlation in the pion flight with respect to the particle with $p_{\perp} > 0.8$ GeV/c can indicate the presence of pion "jets" accompanying the particles with large transverse momentum.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

Среди наиболее интересных проблем, возникающих в процессе изучения множественного рождения частиц при высоких энергиях, особое место занимает изучение свойств частиц с большим поперечным импульсом. Вероятность образования таких частиц, как следует из экспериментов в ЦЕРНе на ISR^{/1-4/} и Батавии^{/5,6/}, оказалась на несколько порядков выше, чем следовало бы ожидать из предположения об экспоненциальной зависи-

мости структурной функции $\frac{d\sigma}{dp_{\perp}^2}$ частиц, образующихся в адрон-адронных взаимодействиях при высоких энергиях^{/7/}. Многочисленные теоретические работы по этому вопросу^{/8-10/} предлагают объяснить феномен рождения частиц с большим поперечным импульсом жестким столкновением между отдельными компонентами начальных адронов. Такой подход позволяет детализировать существующие кварковые и партонные модели и делает реальной надежду получить новую информацию об адронной структуре. Выяснение характера взаимодействий между адронными составляющими требует экспериментального изучения как самих частиц, обладающих большими поперечными импульсами, так и распределений частиц, их сопровождающих. Считая большим поперечным импульсом $p_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с, что согласуется с теоретическими оценками этой величины, полученной в работах^{/8/}, мы предприняли попытку исследовать π^-p -взаимодействия с рождением частиц с большими поперечными импульсами при энергии 40 ГэВ.

§1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

В настоящей работе представлены результаты анализа π^- P -взаимодействий, полученных при облучении пропановой пузырьковой камеры π^- -мезонами с импульсом 40 ГэВ/с, выведенными из серпуховского ускорителя.

Описания установки, особенностей методики, отбора и идентификации событий, найденных при просмотре фотографий с этой камеры, содержатся в ряде работ, выполненных Сотрудничеством/11-14/.

Возможности камеры позволяют идентифицировать по ионизации протоны в большинстве случаев с импульсом, не большим чем 0,7 ГэВ/с. Все остальные положительные частицы считаются пионами. Оценка вклада протонов с импульсом, большим 0,7 ГэВ/с, в число π^+ -мезонов дает приблизительно 15%. Примесь заряженных странных частиц составляет /4-5%.

С целью выяснения возможного влияния систематических ошибок, связанных с присутствием в событиях коротких следов и треков, не поддающихся измерению с точностью до 30%, был проведен методический анализ всех измеренных событий. Оказалось, что в событиях с "плохими", неизмеримыми следами распределение частиц по азимутальным углам и средние значения полученных импульсов в пределах экспериментальных ошибок не отличаются от аналогичных распределений для полностью измеренных событий. Это показывает, что при отбрасывании взаимодействий с плохо измеренными треками не происходит статистической выборки.

Известно также /15/, что потери следов, связанные с эффективностью их обнаружения и возможностью их измерения, зависят от множественности заряженных частиц во взаимодействии. Сnivelировать эту зависимость позволяет введение т.н. "топологических весов", компенсирующих потери следов пропорционально сечениям топологических каналов. В табл. 1 приведены указанные веса вместе с реальным числом использованных в работе полностью измеренных событий.

Таблица 1

Тип события	Число частиц с $P \geq 0,8$ ГэВ/с (L)	Число полностью измеренных событий	Вклад в общее кол-во событий с данным (L)	Средняя множественность в событиях	
				(без весов) (с весами)	(без весов) (с весами)
I	0	5440	6961	72	71
II	1	1704	2283	22	23
III	2	373	517	6	6
IV		50	63		
Всего:		7567	9834	100	100
				5,32±0,03	5,37±0,06
				6,02±0,05	6,33±0,07
				5,65±0,05	

В соответствии с числом заряженных частиц L , имеющих большой поперечный импульс, все события были разделены на 4 типа /см. табл. 1/. Так, в I тип попали все взаимодействия, где не обнаружены частицы с $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с, тип II составляют события с одной такой частицей, III и IV - с двумя и более.

В каждом из этих взаимодействий были построены распределения π^+ -мезонов по азимутальному углу их вылета ϕ . Рис. 1а,б иллюстрирует эти распределения соответственно для событий I и II типов. Средние значения азимутального угла из этих распределений составляют $3,14 \pm 0,014$ для I типа и $3,052 \pm 0,044$ для частиц с $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с из взаимодействий II типа. Анализ

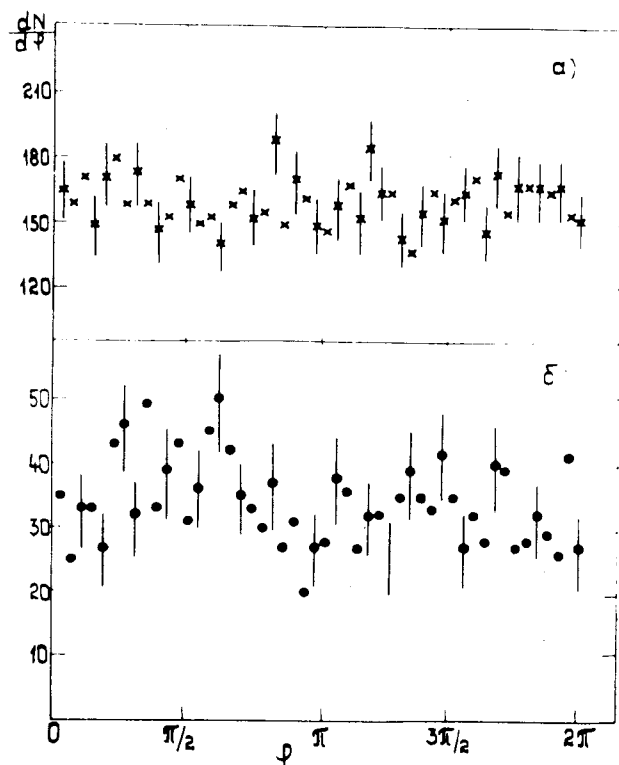


Рис. 1. Азимутальные распределения π -мезонов из событий I типа и для частиц с $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с.

этих распределений позволяет сделать вывод о том, что потери для частиц с $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с не являются существенными.

§2. МНОЖЕСТВЕННОСТЬ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Как влияют частицы с большим поперечным импульсом на рождение остальных частиц? Мы получили распределение по множественности всех вторичных заряженных частиц $n_{\pm} = n_{\pi^{+}} + n_{\pi^{-}} + n_p$ для событий I типа, где не рождаются частицы с $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с, и для событий, где образуется хотя бы одна такая частица. Средние множественности для этих случаев равны соответственно $5,37 \pm 0,06$ и $6,33 \pm 0,07$. Это означает, что частицы, имеющие большой поперечный импульс, образуются чаще в событиях, множественность которых выше средней, полученной в этом эксперименте ^{/11/} и равной $5,62 \pm 0,04$.

§3. ЗАРЯДОВАЯ АСИММЕТРИЯ

Частицы, имеющие относительно большой поперечный импульс, обнаруживают интересное свойство, называемое зарядовой асимметрией, которое проявляется в преимущественном образовании пионов, имеющих заряд, равный заряду налетающего пиона.

Из распределений по поперечным импульсам π^{-} и π^{+} -мезонов, нормированных на одинаковое число частиц, были получены отношения среднего числа π^{-} и π^{+} -мезонов в различных интервалах Δp_{\perp} .

В табл. 2 приведены величины отношений $n_{\pi^{-}} / n_{\pi^{+}}$ для трех интервалов поперечных импульсов и при двух значениях быстрот Y : $Y \geq 0,5$ и $Y \leq -0,5$. Несмотря на большие статистические ошибки, из таблицы 2 можно заключить, что имеется тенденция к преимущественному образованию отрицательных пионов в переднюю полусферу и π^{+} -мезонов среди частиц, вылетающих назад в с.ц.м.

Видно, что с возрастанием поперечных импульсов этот эффект усиливается.

Аналогичные результаты были получены при других энергиях /16, 100, 205 ГэВ/ в работах /16,17,19/.

Эффект зарядовой асимметрии хорошо проявляется в распределениях по быстротам Y и по фейнмановской переменной X .

На рис. 2а,б представлены распределения π^+ -мезонов по переменной X для частиц с $P_{\perp} \leq 0,4$ ГэВ/с /рис.2а/ и с $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с /рис. 2б/. Рис. 3а,б воспроизводит аналогичные распределения для быстрых.

Из приведенных рисунков видно, что X, Y -распределения π^+ - и π^- -мезонов с большими значениями P_{\perp} сдвигаются сильнее: распределения π^+ -мезонов смещаются к отрицательным значениям X, Y , а π^- -мезонов - в сторону положительных X и Y . Это указывает на усиление зарядовой асимметрии при переходе к $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с.

В табл. 3 содержатся средние значения быстрых Y - и X -величин из этих распределений.

На рис. 4 представлены распределения по быстротам для пионов из событий, где не рождаются частицы с большими поперечными импульсами / I тип/ и частицы, принадлежащие к событиям II типа /табл. 1/, из которых исключена частица с $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с. Оказывается, что π^+ -мезоны из событий разных типов имеют приблизительно одинаковые распределения, в то время как для отрицательных пионов наблюдается некоторое различие, что, возможно, является проявлением эффекта лидирующего π^- -мезона.

Следовательно, образование в событии частиц с большим поперечным импульсом почти не влияет на Y -распределения оставшихся пионов, которое остается таким же, как и для типа I /табл. 1/.

В табл. 4 сведены средние значения быстрых в указанных распределениях.

Таблица 2

Интервал поперечных импульсов, ГэВ/с	Отношение среднего числа π^- -мезона к числу π^+ -мезонов (n_{π^-}/n_{π^+})	
	$y \leq -0,5$	$y \geq 0,5$
[0-0,4]	1,18 \pm 0,02	0,91 \pm 0,01
[0,4-0,8]	0,66 \pm 0,03	1,29 \pm 0,04
[0,8-0]	0,49 \pm 0,04	1,87 \pm 0,13

Таблица 3

Средние величины	Частицы с $P_{\perp} \leq 0,4$ ГэВ/с		Частицы с $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с	
	π^+	π^-	π^+	π^-
$\langle x \rangle$	0,041 \pm 0,003	0,219 \pm 0,003	-0,112 \pm 0,009	0,293 \pm 0,008
$\langle y \rangle$	0,124 \pm 0,010	0,458 \pm 0,011	-0,272 \pm 0,025	0,602 \pm 0,025

Таблица 4

Средняя быстрота $\langle y \rangle$	Тип событий, число частиц с $P_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с	
	I (L = 0)	II (L = I)
$\langle y \rangle_{\pi^+}$	0,054 \pm 0,010	0,050 \pm 0,009
$\langle y \rangle_{\pi^-}$	0,567 \pm 0,010	0,513 \pm 0,009

Таблица 5

Средние величины	0-60°	120-180°	60-120°
	$\langle P_{\perp} \rangle$	0,278 \pm 0,004	0,357 \pm 0,003
$\langle y \rangle$	0,166 \pm 0,026	0,188 \pm 0,019	0,228 \pm 0,022

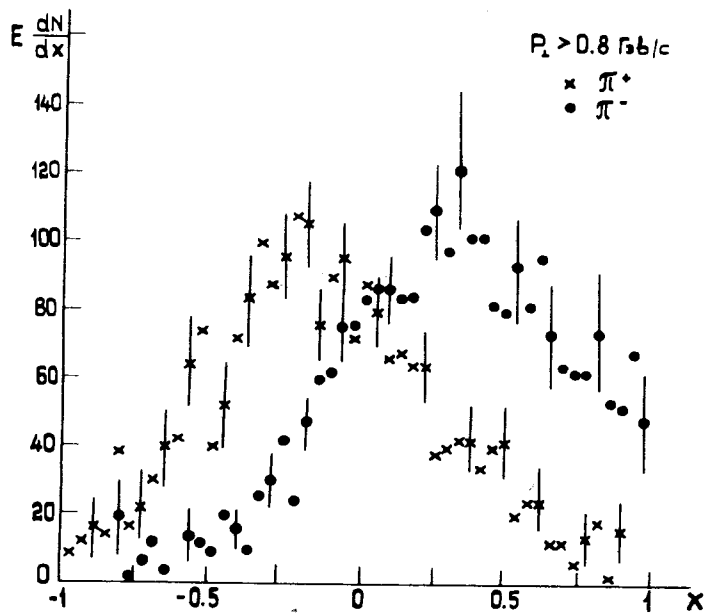
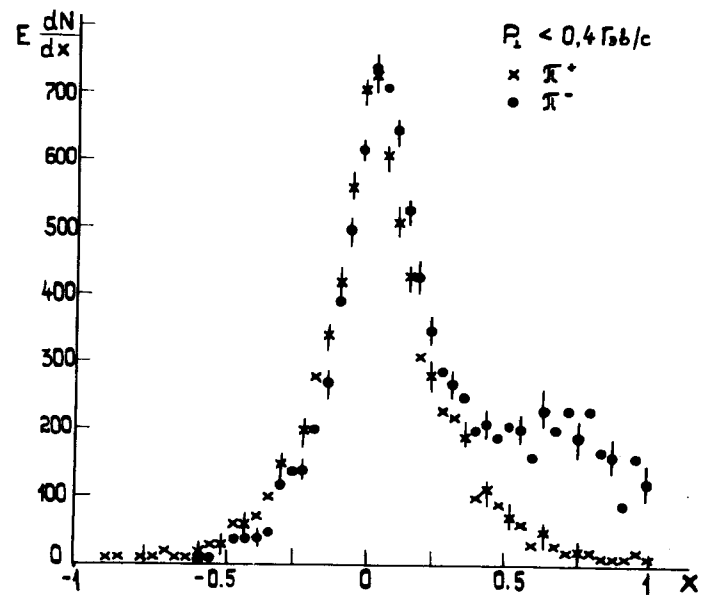


Рис. 2. Распределения π -мезонов по переменной Фейнмана для пионов с $P_{\perp} \leq 0,4 \text{ ГэВ/с}$ /рис. 2а/ и для пионов с $P_{\perp} \geq 0,8 \text{ ГэВ/с}$ /рис. 2б/.

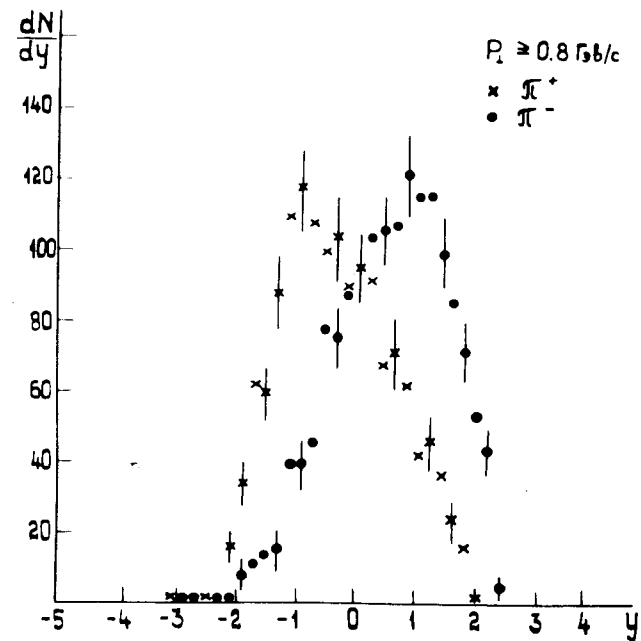
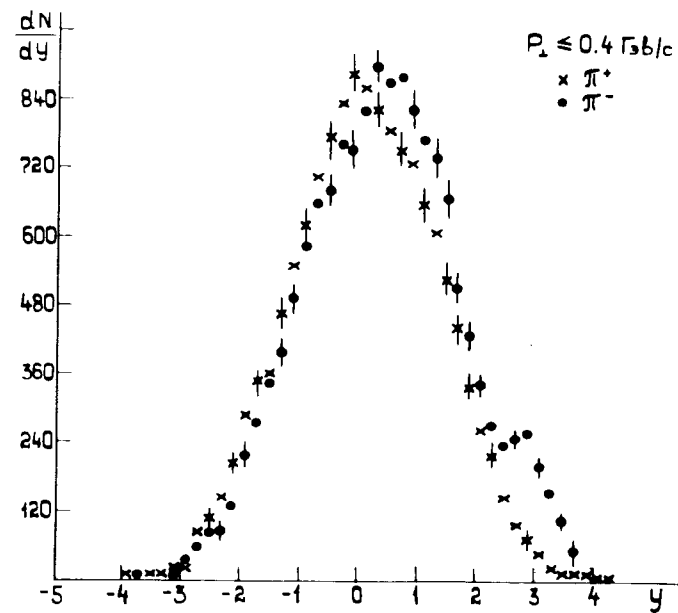


Рис. 3. Распределения по быстроте для пионов с $P_{\perp} < 0,4 \text{ ГэВ/с}$ /а/ и с $P_{\perp} > 0,8 \text{ ГэВ/с}$ /б/.

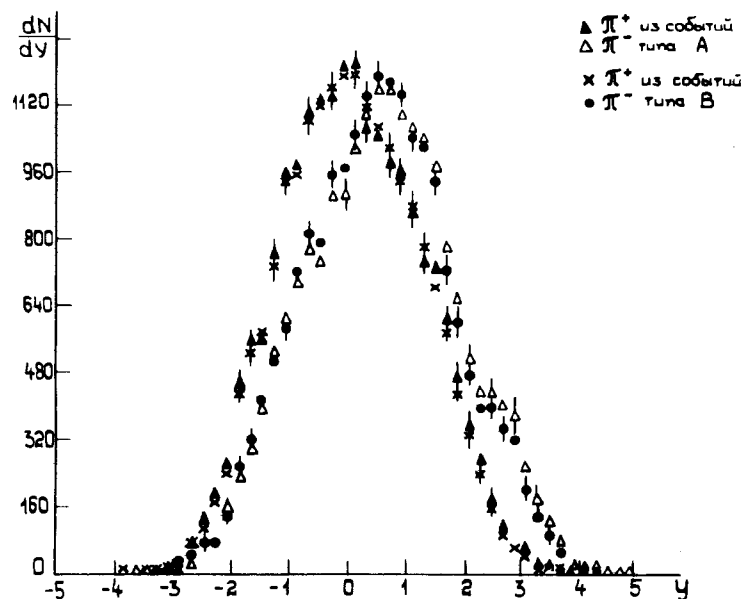


Рис. 4. Распределения по быстротам π -мезонов в событиях I типа и в событиях II типа, из которых исключена частица с $p_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с.

§4. АЗИМУТАЛЬНЫЕ КОРРЕЛЯЦИИ

Дальнейший анализ влияния частиц с большим поперечным импульсом связан с предлагаемым в ряде теоретических работ [8-10] разделением событий II типа /одна частица с $p_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с/ на три группы. Выбрав в азимутальной плоскости за ось отсчета направление поперечного импульса частицы с $p_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с и обозначив через $\Delta\phi$ абсолютную разницу между азимутальными углами вылета любой частицы относительно этой выбранной оси, введем следующие разбиения:

- 1/ $0^\circ < \Delta\phi < 60^\circ$,
- 2/ $120^\circ < \Delta\phi < 180^\circ$,
- 3/ $60^\circ < \Delta\phi < 120^\circ$.

Распределения величины $\Delta\phi$ представлены на рис.5. Гистограммы /А/ и /Б/ построены соответственно для

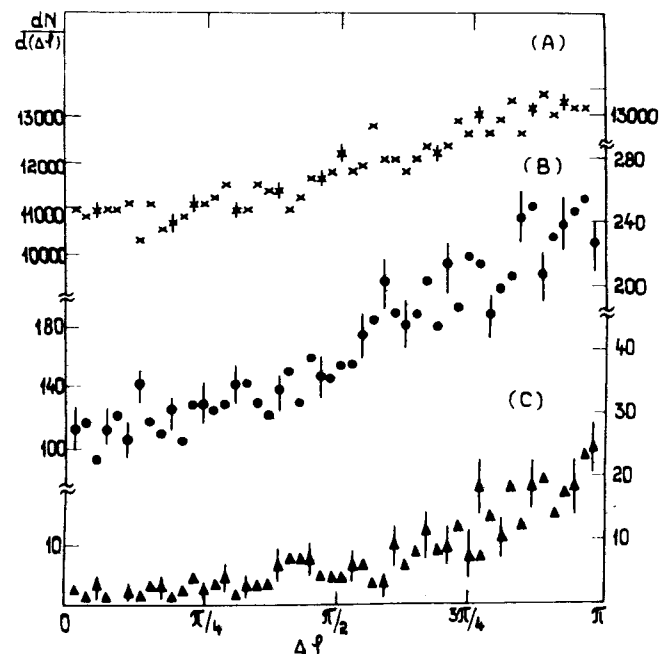


Рис. 5. Распределения разности азимутальных углов π -мезонов для событий I типа /А/, II типа /В/ и III типа /С/.

событий I и II типов, определенных в табл. 1. В случае /А/ выбранное направление отсутствует, и в $\Delta\phi$ входят все комбинации разностей азимутальных углов вылета частиц, что позволяет использовать эту гистограмму в качестве фоновой к распределению /В/ на рис. 5.

Коэффициенты асимметрии подсчитываются для всех распределений по известной формуле [20]

$$F = \frac{N(\phi > \pi/2) - N(\phi < \pi/2)}{N(\phi > \pi/2) + N(\phi < \pi/2)} \quad /1/$$

и равны для распределений /А/ и /В/ соответственно: $F_A = 0,0801 \pm 0,0004$ и $F_B = 0,24 \pm 0,01$.

Таким образом, в событиях с рождением одной частицы с $p_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с наблюдается преимущественный вылет остальных частиц в противоположном ей направ-

лении по азимуту, что может свидетельствовать о наличии т.н. струи /9/.

Для трех указанных интервалов $\Delta\psi$ нами были получены распределения по поперечным импульсам /рис.6/ и быстротам пионов, из числа которых исключалась частица с $p_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с.

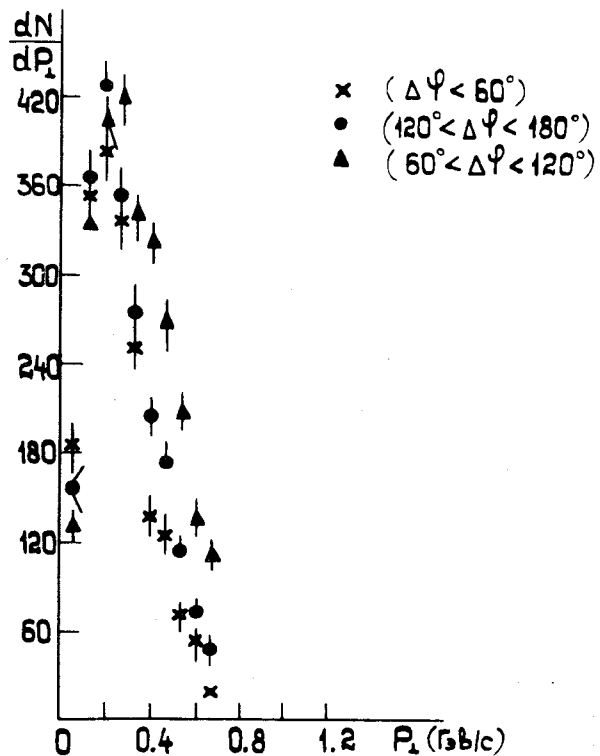


Рис. 6. Распределения по поперечному импульсу π -мезонов для различных $\Delta\psi$.

Средние значения, полученные из этих распределений, приведены в табл. 5.

Как видно из этой таблицы, пионы, вылетающие в азимутальной плоскости в сторону, противоположную вылету частицы с $p_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с, уносят в среднем

большой поперечный импульс. Средние же значения быстрот в пределах экспериментальных ошибок почти не обнаруживают зависимости от выбранного $\Delta\psi$.

Распределение /С/ на рис. 5 построено для частиц с большими поперечными импульсами / $p_{\perp} \geq 0,8$ ГэВ/с, события III типа, табл. I/. Коэффициент асимметрии F_c /формула /1// для этого случая равен $F_c = 0,58 \pm 0,06$, что свидетельствует в пользу предположения о преимущественном вылете двух частиц с большими поперечными импульсами, противоположном по азимуту.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность всем сотрудникам и лаборантам Сотрудничества по исследованию множественных процессов с помощью двухметровой пропановой пузырьковой камеры за предоставленный материал и помощь в работе. Мы благодарим также Я.Бэма, Н.К.Куциди, В.М.Левина, М.Меринга, М.Г.Рыскина, Г.Ранфт, В.М.Шехтера, А.Шиллера за полезные замечания и плодотворные дискуссии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Banner M. e.a. Phys. Lett., 1972, 41B, p.547.
2. Banner M. e.a. Phys. Lett., 1973, 44B, p.537.
3. Alper B. e.a. Phys. Lett., 1973, 44B, p.p.521,527.
4. Busser F.W. e.a. Phys.Lett., 1973, 46B, p.471.
5. Carey D.C. e.a. Phys. Rev.Lett., 1974, 32, p.24.
6. Donaldson G. e.a. Phys. Rev.Lett., 1976, v.36,.
7. Sivers D. e.a. Phys. Rep., 1976, vol. 23c, p.24.
8. Левин Е.М., Рыскин М.Г. В кн.: Материалы Зимней школы ЛИЯФ по физике ядра и элементарных частиц. ЛИЯФ, Л., 1976.
9. Ranft G., Ranft J. Preprint KMU-HEP-7604, 1976.
10. Darriulat P. В кн.: Труды XVIII Международной конференции по физике высоких энергий. ОИЯИ, Д1,2-10400, Дубна, 1977, с.А4-23.
11. Абдурахимов А.У. и др. ЯФ, 1972, 16, с.989.
12. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, 1-8501, Дубна, 1974.
13. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, P1-9810, Дубна, 1976.
14. Назаргулов Р.М. ОИЯИ, P1-10218, Дубна, 1976.
15. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, P1-9785, Дубна, 1976.

16. *Fretter W.F. e.a. Phys. Lett., 1975, 57B, p.197.*
17. *Bartke J. e.a. Prepr. Aachen, III, B776.*
18. Левин Е.М., Рыскин М.Г. Препринт ЛИЯФ №280, Л., 1976.
19. *Della Negra M. e.a. Nucl.Phys., 1976, B164, p.365.*
20. Ангелов Н.С. и др. ОИЯИ, Р1-10177, Дубна, 1976.

*Рукопись поступила в издательский отдел
19 мая 1977 года.*