

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



СЗ46.46
ЖС-911

25/VI-77
1 - 10555

2818 / 2-77

Л.И.Журавлева, Н.К.Куциди, Р.М.Лебедев,
Г.Мартинска, И.С.Саитов

ИССЛЕДОВАНИЕ

АССОЦИАТИВНЫХ МНОЖЕСТВЕННОСТЕЙ

В π^- p-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 5 ГэВ/с

1977

1 - 10555

Л.И.Журавлева, Н.К.Куциди¹, Р.М.Лебедев,
Г.Мартинска², И.С.Саитов

ИССЛЕДОВАНИЕ

АССОЦИАТИВНЫХ МНОЖЕСТВЕННОСТЕЙ

В π -р-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 5 ГэВ/с

¹ Тбилисский государственный университет.

² Университет им. П.Й.Шафарика, Кошице, ЧССР.

Институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Журавлева Л.И. и др.

1 - 10555

Исследование ассоциативных множественностей
в π^-p -взаимодействиях при 5 ГэВ/с

Представлены результаты экспериментального исследования ассоциативных множественностей в π^-p -взаимодействиях при 5 ГэВ/с на основе анализа $\sim 2 \times 10^4$ событий, зарегистрированных в 1-метровой водородной пузырьковой камере ЛВЭ ОИЯИ. Изучены зависимости множественности ассоциированных частиц от быстроты и поперечного импульса выделенных π^+ -мезонов, а также от квадрата недостающей массы к выделенным протону и π^- -мезону. Экспериментальные данные сравниваются с предсказаниями некоторых моделей. Полученные результаты указывают на возможность применения метода исследования ассоциативных множественностей при относительно небольших энергиях.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

§1. ВВЕДЕНИЕ

Исследование ассоциативных множественностей, связанных с корреляциями между вторичными частицами, позволяет получать информацию о динамике процессов множественного образования частиц при высоких энергиях. Ассоциативные множественности интенсивно исследовались в pp -взаимодействиях в области энергий от десятка ГэВ до энергий ISR^{/1/}. Экспериментальных данных в π^-p -взаимодействиях значительно меньше, а систематические исследования при энергии менее 40 ГэВ отсутствуют.

В данной работе приводятся результаты исследования полунклюзивной реакции

$$\pi^-p \rightarrow c(p^+) + (n-1)_{\text{зар.}} + \dots \quad /1/$$

Изучалась зависимость множественности заряженных ассоциированных частиц от кинематических переменных выделенной частицы c .

В качестве кинематических переменных выбраны: быстрота выделенной частицы в с.ц.и., поперечная составляющая ее импульса и квадрат недостающей массы к выделенной частице.

Экспериментальной базой исследований явились данные, полученные при обработке стереофотографий с 1-метровой водородной пузырьковой камеры ЛВЭ ОИЯИ, облученной пучком π^- -мезонов с импульсом 5 ГэВ/с^{/2/}.

Методика обработки и результаты исследования отдельных эксклюзивных каналов опубликованы ранее^{/3-5/}.

Для окончательного анализа было отобрано около $19,5 \times 10^3$ двух-, четырех- и шестилучевых событий без образования странных частиц. Большинство положительных частиц было однозначно идентифицировано благодаря кинематическому фиту каналов реакций и визуальной идентификации по ионизации; неидентифицированные частицы вошли одновременно как π^+ -мезоны и протоны с весами, обратно пропорциональными сечениям каналов соответствующих неоднозначных кинематических гипотез.

§2. ЗАВИСИМОСТЬ АССОЦИАТИВНОЙ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ОТ M_x^2

Зависимость множественности системы частиц, образованных в ассоциации с выделенной частицей, от квадрата недостающей массы к этой частице исследовалась в следующих реакциях:

$$\pi^- p \rightarrow p + X^- \quad /2/$$

$$\pi^- p \rightarrow \pi^- + X^+ \quad /3/$$

$$\pi^- p \rightarrow \pi_{\text{ф.п.}}^- + X^+ \quad /4а/$$

$$\pi^- p \rightarrow \pi_{\text{ц.}}^- + X^+ \quad /4б/$$

$$\pi^+ p \rightarrow \pi_{\text{ф.м.}}^- + X^+ \quad /4в/$$

Индексы у выделенного π^- -мезона в реакциях /4а/-/4в/ означают образование его в разных областях фазового пространства: в области фрагментации пучка

/определенной как $x_{\pi^-} > 0,3$, где $x \equiv \frac{p_{\parallel}^*}{p_{\text{max}}^*}$, p_{max}^* -

максимально кинематически допустимый для частицы данного типа импульс в с.ц.и./, в центральной области ($-0,3 < x_{\pi^-} < 0,3$) и области фрагментации мишени ($x_{\pi^-} < -0,3$).

Такой выбор областей был сделан по аналогии с работой по исследованию ассоциативных множественностей в K^+p -взаимодействиях при 5; 8,2 и 16 ГэВ/с^{/6/}, где была показана возможность приближенного разделения различных механизмов образования частиц.

В реакции /2/ брались только однозначно идентифицированные /с помощью кинематического фита или визуальной идентификации/ протоны, импульс которых в лабораторной системе не превышал 1,2 ГэВ/с. Такое обрезание согласуется с принятым в инклюзивных экспериментах отбором протонов и облегчает сравнение с данными при других энергиях. Полученные экспериментальные результаты, приведенные на рис. 1-3, аппроксимировались согласно зависимостям следующего вида:

$$\langle n(M_x^2) \rangle = a_1 + b_1 \ln(M_x^2), \quad /5/$$

$$\langle n(M_x^2) \rangle = a_2 + b_2 (M_x^2)^\beta. \quad /6/$$

Логарифмический рост ассоциативной множественности с M_x^2 предсказывается, в частности, мультипериферической моделью^{/7/}, а степенной - в моделях с образованием кластеров типа "поча"^{/8/}. Экспериментальные данные при более высоких энергиях подтверждают логарифмический рост $\langle n(M_x^2) \rangle$ для не очень малых недостающих масс, а также линейный рост множественности при малых значениях M_x^2 в реакции /2/^{/9,10/}. Результаты аппроксимации при 5 ГэВ/с приведены в табл. 1.

Логарифмическая зависимость /5/ хорошо описывает рост $\langle n(M_x^2) \rangle$ в реакции /2/ для значений $M_x^2 > 1$ ГэВ², в реакции /3/ - для $M_x^2 > 4$ ГэВ² и в реакции /4а/- для $M_x^2 > 2,5$ ГэВ². Для центральной области - реакция /4б/ - согласие ухудшается.

Реакций /4в/ не анализировалась ввиду малой статистики.

Таблица 1

Результаты аппроксимации величины $\langle n(M_x^2) \rangle$ в реакциях /2/ ÷ /4/ зависимостями /5/ ÷ /6/

Реакция	Число экстр. точек	$a_1 + b_1 (M_x^2)$		$a_2 + b_2 (M_x^2)$			β	
		χ^2	a_1	b_1	χ^2	a_2		b_2
(2)	8	20,9	$1,74 \pm 0,03$	$0,67 \pm 0,03$	17,8	$-0,97 \pm 1,66$	$2,71 \pm 1,67$	$0,22 \pm 0,12$
(2), $M_x^2 > 1 \text{ ГэВ}^2$	6	7,7	$1,76 \pm 0,03$	$0,63 \pm 0,03$	4,5	$0,97 \pm 0,75$	$0,84 \pm 0,71$	$0,50 \pm 0,30$
(3)	10	58,4	$0,32 \pm 0,04$	$1,18 \pm 0,02$	37,2	$-1,39 \pm 0,78$	$2,06 \pm 0,70$	$0,33 \pm 0,07$
(3), $M_x^2 > 4 \text{ ГэВ}^2$	7	5,5	$0,22 \pm 0,07$	$1,22 \pm 0,04$	нет сходимости			
(4a)	9	10,7	$0,67 \pm 0,03$	$0,90 \pm 0,02$	1,23	$-0,77 \pm 0,76$	$1,57 \pm 0,72$	$0,36 \pm 0,12$
(4a), $M_x^2 > 2,5 \text{ ГэВ}^2$	7	0,6	$0,44 \pm 0,06$	$1,05 \pm 0,05$	20,6	$-1,92 \pm 4,51$	$2,64 \pm 4,06$	$0,27 \pm 0,26$
(4b)	8	21,4	$0,23 \pm 0,06$	$1,21 \pm 0,04$				

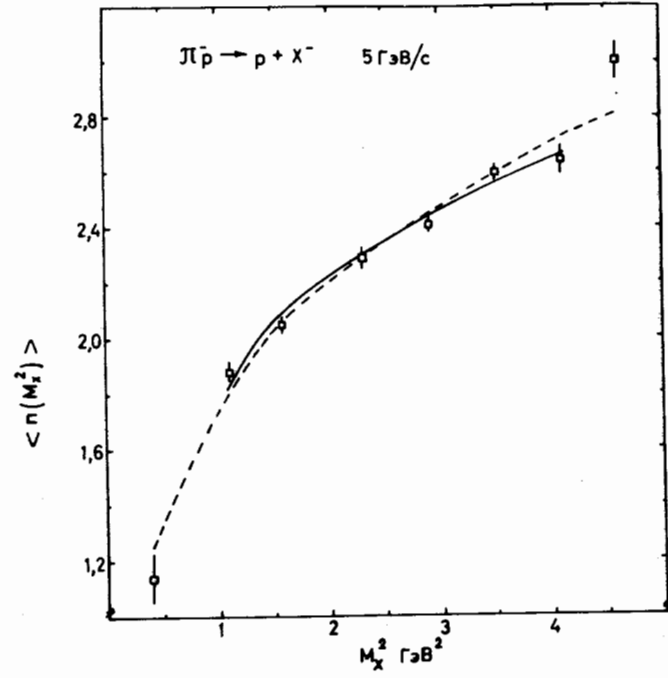


Рис. 1. Зависимость ассоциативной множественности от квадрата недостающей массы к выделенному протону; сплошная кривая - результат аппроксимации логарифмической зависимостью /5/, пунктирная - степенной зависимостью /6/.

Степенная зависимость /6/ также удовлетворительно описывает ход изменения $\langle n(M_x^2) \rangle$ в реакции /4a/, причем получающееся значение параметра β согласуется с ожидаемой из модели /8/ величиной 0,5. Описание в реакции /2/ - неудовлетворительное, однако для значений $M_x^2 > 1 \text{ ГэВ}^2$ согласие улучшается как по χ^2 -критерию, так и по значению величины β .

Следует отметить, что соотношения /5/ и /6/ получены в моделях, рассматривающих процессы множественного рождения в области энергий порядка $10^{1,5} \div 10^2 \text{ ГэВ}$ /в лабораторной системе/. Поэтому трудно

ожидать количественного согласия с этими предсказаниями экспериментальных результатов при значительно меньших энергиях. Необходимо иметь в виду также интенсивное образование резонансов $\Delta(1236)$, ρ , ω и других в π^-p -взаимодействиях при 5 ГэВ/с /4,5/, в то время как при выводе зависимостей /5/ и /6/ образование резонансов явным образом не учитывалось.

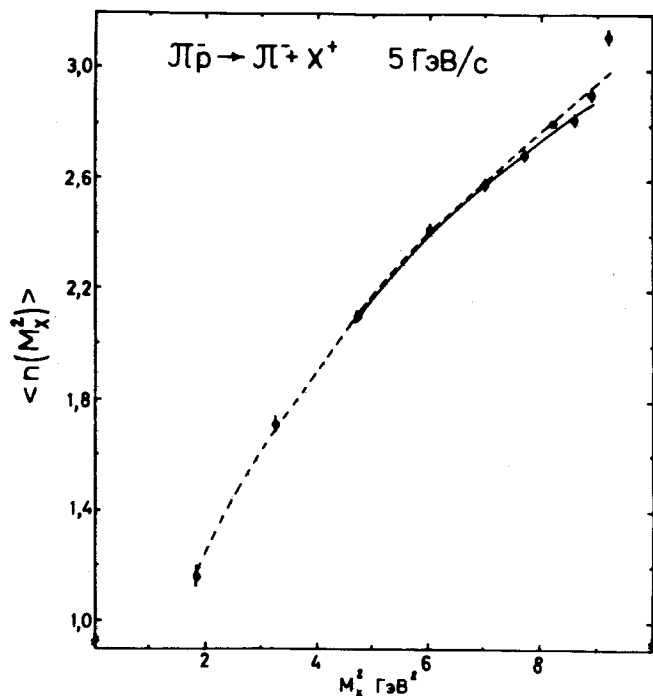


Рис. 2. Зависимость ассоциативной множественности от M_x^2 к выведенному π^- -мезону: сплошная кривая - логарифмическая зависимость, пунктир - степенная.

Тем не менее полученное удовлетворительное качественное и отчасти количественное описание экспериментальных данных при 5 ГэВ/с на основе этих соотношений может свидетельствовать о возможности применения подобного анализа и при относительно небольших энергиях.

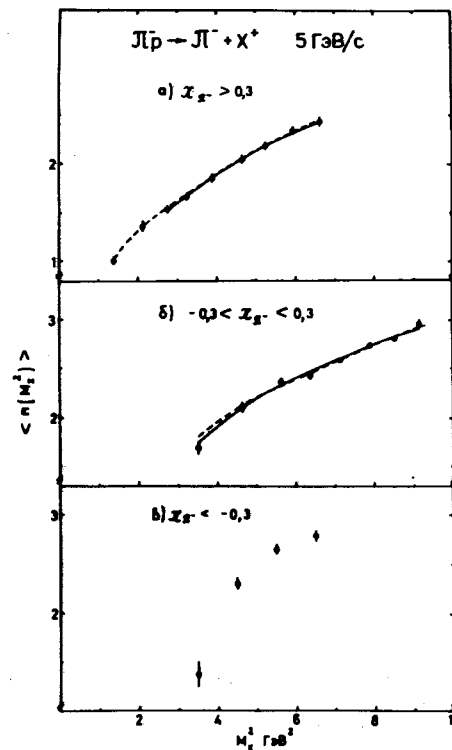


Рис. 3. Зависимость $\langle n(M_x^2) \rangle$, когда выделенный π^- -мезон образуется в различных областях фазового пространства.

§3. ЗАВИСИМОСТЬ АССОЦИАТИВНОЙ МНОЖЕСТВЕННОСТИ ОТ БЫСТРОТЫ И ПОПЕРЕЧНОГО ИМПУЛЬСА

Множественность ассоциированных частиц как функция быстроты в с.ц.и. выделенных π^\pm -мезонов представлена на рис. 4. Форма распределения $\langle n(y^*) \rangle$ отражает преимущественное образование медленных π^\pm -мезонов со значениями $|y^*| \approx 0$ в событиях с боль-

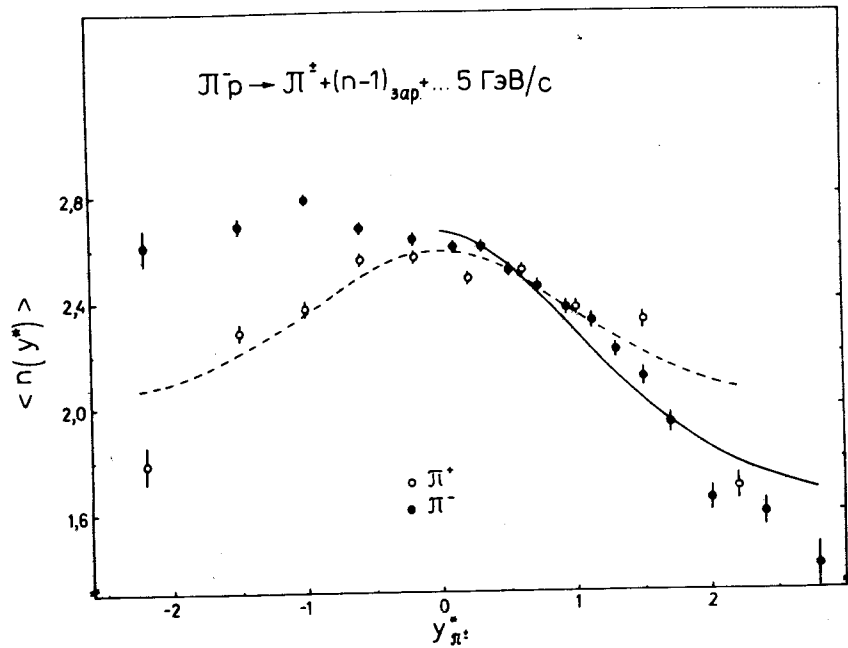


Рис. 4. Зависимость ассоциативной множественности от быстроты выделенных π^\pm -мезонов в с.ц.и. Кривые - результат аппроксимации согласно /7/; пунктир - для π^+ -мезонов, сплошная линия - для π^- -мезонов с $y^* > 0$.

шей множественностью. Отметим, что относительно большие значения величины $\langle n(y^*) \rangle$ для выделенных π^- -мезонов из задней полусферы указывают на преимущественное образование таких π^- -мезонов в событиях большей множественности. Примерное постоянство $\langle n(y^*) \rangle$ в задней полусфере можно связать со слабой зависимостью наклона одночастичных полуинклюзивных спектров $d\sigma_n/dy^*$ от множественности, обычно наблюдаемой в событиях с множественностью, больше средней /12/.

Экспериментальные данные аппроксимировались зависимостью

$$\langle n(y^*) \rangle = a_3 + b_3 (\text{ch } y^*)^{-1}, \quad /7/$$

полученной в статистической модели возбужденных состояний /13,14/. В этой модели делается предположение о статистическом распаде образующихся при взаимодействии возбужденных адронных состояний, причем структурная функция выбирается в виде, соответствующем распределению для бозе-газа.

С учетом сделанных ранее замечаний относительно применимости подобных модельных предсказаний к экспериментальным результатам, полученным при сравнительно небольших энергиях, можно говорить о качественном согласии для случая выделенных π^+ -мезонов. В случае выделенных π^- -мезонов из передней полусферы следует учесть вклад процессов с образованием лидирующей частицы, приводящих к быстрому убыванию ассоциативной множественности. Подобные процессы не учитываются вышеупомянутой моделью, что ухудшает ее согласие с экспериментом для этого случая; аналогичная ситуация имеет место и в π^-p -взаимодействиях при 40 ГэВ/с /14/.

Мультипериферическая модель /15/, а также статистическая модель возбужденных состояний /13,14/ предсказывают убывание ассоциативной множественности с ростом поперечного импульса выделенной частицы. Анализ экспериментальных распределений, представленных на рис. 5, показал, что убывание $\langle n(p_\perp) \rangle$ происходит значительно быстрее, чем предсказывается этими моделями.

Убывание $\langle n(p_\perp) \rangle$ обусловлено наличием отрицательных корреляций между множественностью и одночастичными полуинклюзивными распределениями $d\sigma_n/dp_\perp$, связанных, в частности, с кинематикой процесса /14,16/.

Однако зависимость ассоциативной множественности от p_\perp в различных областях фазового пространства для выделенной частицы имеет неодинаковый вид - рис. 6.

Сильнее всего множественность зависит от p_\perp для выделенных π^\pm -мезонов, образованных в центральной области, где значения $\langle n(p_\perp) \rangle$ максимальны по величине - рис. 6б.

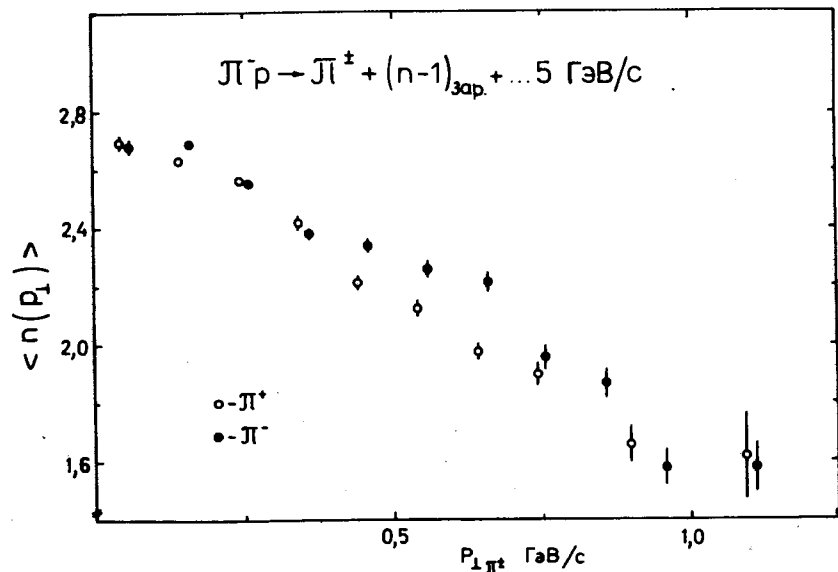


Рис. 5. Зависимость ассоциативной множественности от поперечного импульса выделенных π^{\pm} -мезонов.

Различные режимы поведения $\langle n(p_{\perp}) \rangle$ проявляются при выделении двух групп ассоциированных частиц: сопутствующих и противоположных. Сопутствующими названы такие частицы, для которых угол между направлением \vec{p}_{\perp} этой частицы и направлением \vec{p}_{\perp} выделенного π -мезона менее 90° . Для противоположных частиц этот угол составляет более 90° .

Результаты подобного выделения представлены на рис. 7. Множественность сопутствующих частиц сильно убывает с ростом p_{\perp} , тогда как множественность противоположных практически не уменьшается. Для случая выделенных π^{-} -мезонов наблюдается некоторый рост $\langle n(p_{\perp}) \rangle$ при значениях $p_{\perp} \leq 0,6 \text{ ГэВ/с}$. Полученные нами данные не противоречат результатам исследований зависимости $\langle n(p_{\perp}) \rangle$ при существенно больших энергиях [1,16] для которых различие в режимах поведения объясняется результатом влияния динамики процессов множественного образования [16].

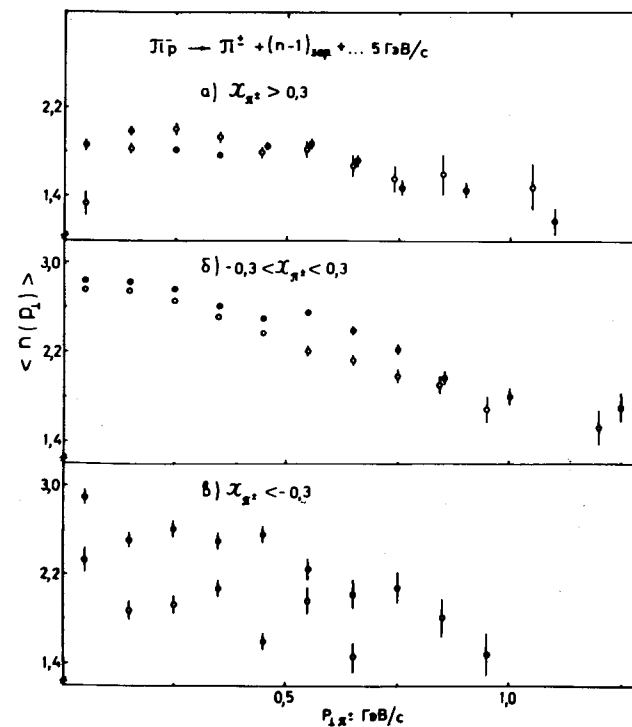


Рис. 6. Зависимость $\langle n(p_{\perp}) \rangle$, когда выделенные π^{\pm} -мезоны образуются в различных областях фазового пространства.

Авторы благодарны членам сотрудничества Дубна - Берлин - Кошице - Улан-Батор за предоставление ленты суммарных результатов для анализа. Авторы признательны Н.С.Амаглобели, Ю.А.Будагову, А.Г.Володько и Л.Шандору за полезные обсуждения, а также Н.Ангелову - за любезно предоставленные программы статистического анализа и Г.Н.Сокольской - за изготовление рисунков.

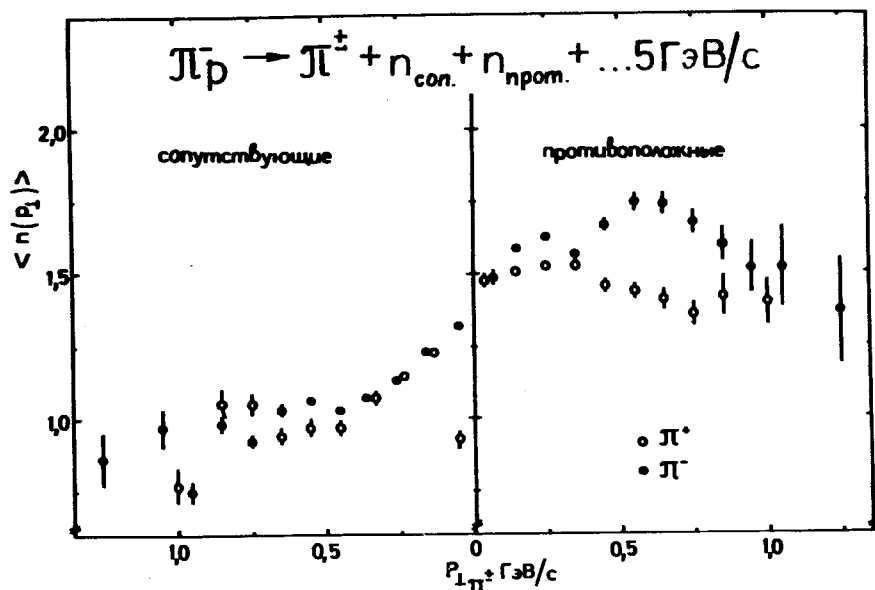


Рис. 7. Зависимость $\langle n(p_{\perp}) \rangle$ для двух групп ассоциированных частиц: сопутствующих и противоположных относительно направления \vec{p}_{\perp} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Anderson E.W. e.a. *Phys. Rev.Lett.*, 1975, 34, p.294.
Alper V. e.a. *Lett. al Nuovo Cim.*, 1974, 11, p.173.
Kerhart R. e.a. *Phys. Rev.*, 1976, D14, p.2909.
Дерре Ж. и др. *ЯФ*, 1976, 23, с.1202.
2. Belonogov A.V. e.a. *Nucl. Instr. and Meth.*, 1963, 20, p.114.
3. Авалян М., Саинов И.С. *ОИЯИ*, 13-6086, Дубна, 1971.
4. Бешхер Х. и др. *ОИЯИ*, P1-6846, Дубна, 1972.
5. Абесалашвили Л.Н. и др. *ОИЯИ*, P1-7027, Дубна, 1973.
6. Chliapnikov P.V. e.a. *Phys.Lett.*, 1974, 52B, p.375.
7. Chan C.F. *Phys. Rev.*, 1973, D8, p.179.
Frazer W.R., Snider D.R. *Phys.Lett.*, 1973, 45B, p.136.
Chan C.F., Winkelmann F.C. *Phys. Rev.*, 1974, D10, p.3645.

8. Berger E.L. *Phys. Rev.*, 1972, D6, p.2580.
9. Barish S.J. e.a. *Phys. Rev.Lett.*, 1973, 31, p.1080.
Dao F.T. e.a. *Phys.Lett.*, 1973, 45B, p.399.
Winkelmann F.C. e.a. *Phys.Lett.*, 1974, 48B, p.273.
Биалковская Х. и др. *Препринт ИФВЭ, М-11, Серпухов*, 1975.
10. Winkelmann F.C. e.a. *Phys.Rev.Lett.*, 1974, 32, p.121.
11. Амаглобели Н.С. и др. *ОИЯИ*, 1-10566, Дубна, 1977.
12. Гришин В.Г. и др. *ЯФ*, 1976, 23, с.782.
13. Дарбаудзе Я.З., Слепченко Л.А. *Сообщения АН ГрССР*, 1975, 79, с.61.
14. Абесалашвили Л.Н. и др. *ОИЯИ*, 1-9406, Дубна, 1975; *ЯФ*, 1976, 24, с.1189.
15. Nieh H.T., Wang J.M. *Phys.Rev.*, 1972, D5, p.2226.
16. Абесалашвили Л.Н. и др. *ОИЯИ*, 1-10265, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 апреля 1977 года.