

СЗУБ. УБ

A-147

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



2816/2-77

25/VII-77  
1-10566

Л.Н.Абесалашвили, Н.С.Амаглобели, Н.К.Куциди,  
Р.Г.Салуквадзе, Л.А.Слепченко, Ю.В.Тевзадзе,  
Н.Г.Фадеев, Э.Т.Цивцивадзе

ЗАВИСИМОСТЬ  
АССОЦИАТИВНОЙ МНОЖЕСТВЕННОСТИ  
ОТ КВАДРАТА НЕДОСТАЮЩЕЙ МАССЫ  
В  $\pi^+$ -р-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 40 ГэВ/с

14

1977

1- 10566

Л.Н.Абесалашвили\*, Н.С.Амаглобели\*, Н.К.Куциди\*,  
Р.Г.Салуквадзе\*, Л.А.Слепченко\*, Ю.В.Тевзадзе\*,  
Н.Г.Фадеев, Э.Т.Цивцивадзе

ЗАВИСИМОСТЬ  
АССОЦИАТИВНОЙ МНОЖЕСТВЕННОСТИ  
ОТ КВАДРАТА НЕДОСТАЮЩЕЙ МАССЫ  
В  $\pi^+$  p-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 40 ГэВ/с

---

\* Тбилисский государственный университет.

Объединенный институт  
ядерных исследований  
БИБЛИОТЕКА

Абесалашвили Л.Н. и др.

1 - 10566

Зависимость ассоциативной множественности от квадрата недостающей массы в  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 40 ГэВ/с

На статистике ~ 10 000 неупругих  $\pi^-p$ -взаимодействий при 40 ГэВ/с, зарегистрированных в двухметровой пропановой пузырьковой камере ЛВЭ ОИЯИ, проведено исследование множественности заряженных частиц, ассоциированных с выделенными  $\pi^-$ -мезоном и протоном, в зависимости от квадрата недостающей массы к выделенной частице. Полученные результаты, представленные в виде рисунков, сравниваются с предсказаниями мультипериферической модели, дифракционной модели и модели когерентных состояний. Исследована зависимость ассоциативных моментов второго и третьего порядка от  $M_x^2$ . Получены указания на выполнение КНО-скейлинга для ассоциативных множественностей при больших значениях  $M_x^2$ .

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

© 1977 Объединенный институт ядерных исследований Дубна

Настоящей работой мы продолжаем цикл исследований полуинклюзивных реакций

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

проводимый в рамках международного сотрудничества по обработке снимков с двухметровой пузырьковой пропановой камеры ЛВЭ ОИЯИ, облученной пучком  $\pi^-$ -мезонов с импульсом 40 ГэВ/с на синхрофазотроне ИФВЭ<sup>1/</sup>. Методика обработки данных описана ранее<sup>2/</sup>.

Приводимые здесь экспериментальные результаты основаны на анализе более 10 000 неупругих  $\pi^-p$ -взаимодействий со множественностью вторичных заряженных частиц от 2 до 12.

### 1. Зависимость ассоциативной множественности от $M_x^2$

Нами исследовалось поведение множественности заряженных частиц, ассоциированных с выделенной, как функции квадрата недостающей массы к выделенной частице, то есть множественность системы X как функция квадрата ее массы в реакциях:

$$\pi^-p \rightarrow p + X^-, \quad /1/$$

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

$$\pi^-p \rightarrow \pi_{\text{ф.м.}}^- + X^+, \quad /3а/$$

$$\pi^-p \rightarrow \pi_{\text{ц.}}^- + X^+, \quad /3б/$$

$$\pi^-p \rightarrow \pi_{\text{ф.п.}}^- + X^+, \quad /3в/$$

В реакциях /3а/-/3в/ индексы у выделенного  $\pi^-$ -мезона обозначают области его образования: фрагментации мишени, центральную и фрагментации пучка. Эти области были определены соответственно как  $x_{\pi^-} \leq -0,2$ ;  $-0,2 < x_{\pi^-} < 0,2$  и  $x_{\pi^-} > 0,2$ , где  $x = \frac{2p_{\parallel}^*}{\sqrt{s}}$ . Отметим,

что в реакции /1/ брались однозначно идентифицированные протоны, импульс которых в лабораторной системе не превышает  $0,7 \text{ ГэВ/с}$ . Экспериментальные результаты исследования зависимости  $\langle n(M_x^2) \rangle$  в реакциях /1/-/3/ приведены на рис. 1-3.

Для сравнения на рис. 1 показаны также данные для реакции /1/ при  $205 \text{ ГэВ/с}^{1/3}$ . Общий ход зависимости  $\langle n(M_x^2) \rangle$  при обеих энергиях примерно одинаков; несколько большие значения ассоциативной множест-

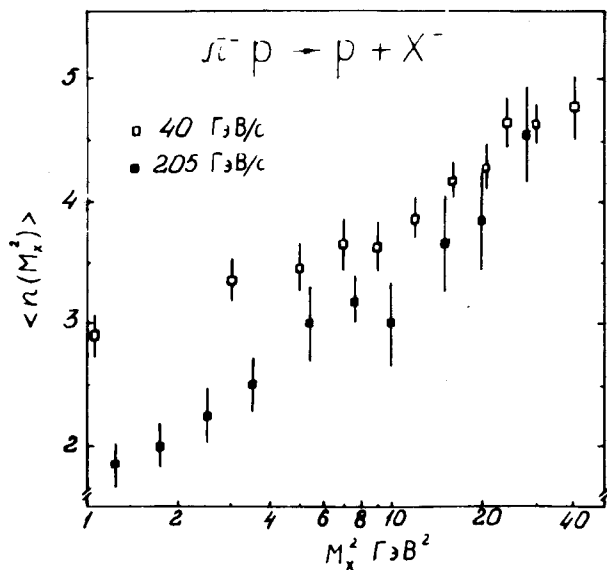


Рис. 1. Зависимость ассоциативной множественности от квадрата недостающей массы к выделенному протону при энергиях  $40$  и  $205 \text{ ГэВ}^{1/3}$ .

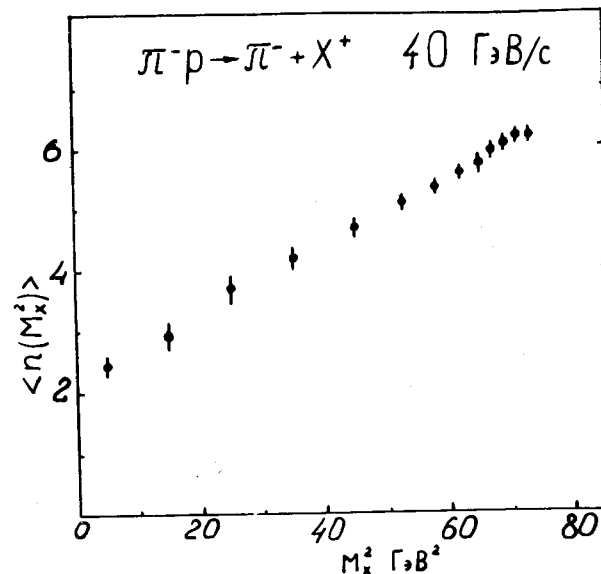


Рис. 2. Зависимость ассоциативной множественности от квадрата недостающей массы к выделенному  $\pi^-$ -мезону.

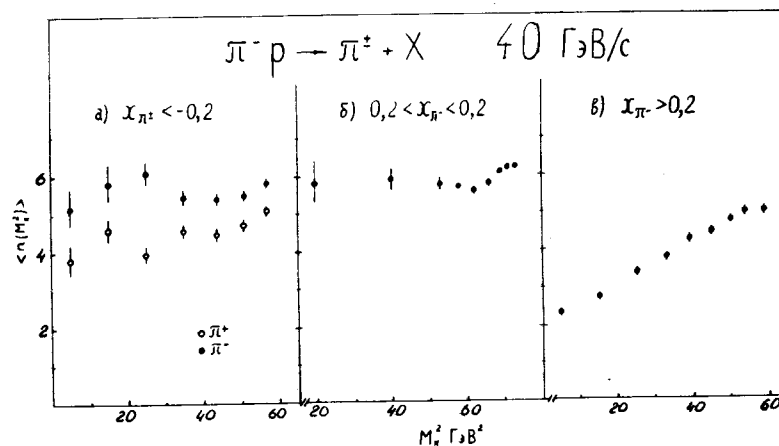


Рис. 3. Зависимость ассоциативной множественности от квадрата недостающей массы к выделенному  $\pi^-$ -мезону, образованному в различных областях фазового пространства.

венности в нашем случае /особенно для малых  $M_x^2 \lesssim 6 \text{ ГэВ}^2$ / можно объяснить примесью взаимодействий на ядрах углерода.

Из рис. 3 видно, что поведение  $\langle n(M_x^2) \rangle$  для случаев, когда выделенный  $\pi^-$ -мезон находится в разных областях фазового пространства, резко отличается. Так, в области фрагментации пучка /рис. 3в/ наблюдается сильная зависимость ассоциативной множественности от  $M_x^2$ , в то время как в остальных областях эта зависимость значительно слабее. Кроме того, значения  $\langle n(M_x^2) \rangle$  в реакции /3в/ меньше по величине, чем в реакциях /3а/ и /3б/, что лишний раз иллюстрирует значительный вклад процессов дифракционного типа в этой области. Также отметим, что зависимость ассоциативной множественности от  $M_x^2$  для выделенных  $\pi^+$ -мезонов из области фрагментации мишени, приведенная для сравнения на рис. 3а, отличается от аналогичной зависимости для  $\pi^-$ -мезонов из той же области и более близка по виду к зависимости  $\langle n(M_x^2) \rangle$  в реакции /3в/ /следует иметь в виду возможное влияние примеси протонов среди  $\pi^+$ -мезонов, наиболее значительное в области фрагментации мишени/.

Полученные экспериментальные результаты были аппроксимированы следующими аналитическими выражениями:

$$\langle n(M_x^2) \rangle = a_1 + b_1 \ln M_x^2, \quad /4/$$

$$\langle n(M_x^2) \rangle = a_2 + b_2 (M_x^2)^\beta, \quad /5/$$

$$\langle n(M_x^2) \rangle = a_3 + b_3 (M_x^2 - m_c^2), \quad /6/$$

где  $m_c$  - масса выделенной частицы.

Зависимость логарифмического вида /4/ предсказывается многими моделями независимого испускания, в частности мультипериферической моделью /4/.

Модели дифракционного типа предсказывают степенную зависимость вида /5/, причем показатель степени  $\beta$  ожидается равным  $0,5^{1/3,5/}$ .

Таблица 1

Результаты аппроксимации ассоциативной множественности  $\langle n(M_x^2) \rangle$  в реакциях /1/-/3/ согласно формулам /4/-/6/

N- число точек	$a_1 + b_1 \ln M_x^2$			$a_2 + b_2 (M_x^2)^\beta$			$a_3 + b_3 (M_x^2 - m_c^2)$			
	$\chi^2$	$a_1$	$b_1$	$\chi^2$	$a_2$	$b_2$	$\beta$	$\chi^2$	$a_3$	$b_3$
(1)	8,4	2,76±0,11	0,51±0,05	3,1	2,30±0,61	0,62±0,51	0,39±0,18	12,4	3,19±0,08	0,053±0,005
(2)	507,4	0,71±0,01	1,551±0,002	15,1	2,24±0,10	0,05±0,01	1,04±0,05	15,5	2,18±0,05	0,056±0,001
(2) $M_x^2 > 40 \text{ ГэВ}^2$	19,6	-8,59±0,49	3,46±0,12							
(3а)	12,6	5,06±0,61	0,15±0,16							
(3б)	97,3	2,56±0,85	2,02±0,20							
(3б) $M_x^2 > 60 \text{ ГэВ}^2$	7,9	-11,71±1,29	4,20±0,30							
(3в)	113,8	0,24±0,01	1,105±0,003	7,1	1,97±0,14	0,07±0,03	0,92±0,10	7,8	2,07±0,06	0,052±0,002

Наконец, выражение /6/ было получено в рамках модели когерентных состояний /6,7/. В этой модели рассматривается процесс, при котором импульс налетающей частицы в результате взаимодействия с нуклоном - мишенью изменяется на малую величину /частица остается быстрой в лаб. системе/. В результате взаимодействия в нуклоне-мишени образуется когерентная совокупность некоторого числа возбуждений, причем их число коррелирует с эффективной массой возбужденного нуклона. В нашем случае подобные рассуждения можно применить к реакции /3в/.

Перейдем к обсуждению результатов аппроксимации экспериментальных данных по формулам /4/-/6/, приведенных в табл. 1.

Поведение ассоциативной множественности в реакции /1/ хорошо описывается всеми зависимостями, однако наилучшее согласие дает степенная зависимость, что подчеркивает характер образования медленных протонов благодаря механизмам дифракционного типа.

Описание ассоциативной множественности логарифмической зависимостью в реакции /2/ во всем интервале недостающих масс явно неудовлетворительное, хотя рост средней множественности в  $\pi^-p$ -взаимодействиях достаточно близок к логарифмическому вплоть до энергий 280 ГэВ и значения параметров  $a_1$  и  $b_1$  в обоих случаях весьма близки /8/. В центральной области - реакция /3б/ - также не наблюдается удовлетворительного описания зависимости выражением /4/, однако для значений  $M_x^2 \geq 60 \text{ ГэВ}^2$  - после точки перегиба - согласие значительно улучшается. Неудовлетворительное описание логарифмической зависимостью получается и для случая быстрых  $\pi^-$ -мезонов в реакции /3в/- в отличие от результатов работы /9/. Однако для этой реакции наблюдается хорошее согласие с предсказаниями модели когерентных состояний, которая успешно воспроизводит также поведение  $\langle n(M_x^2) \rangle$  во всем фазовом пространстве.

Степенная зависимость удовлетворительно описывает поведение  $\langle n(M_x^2) \rangle$  в реакциях /2/ и /3в/, однако получающиеся при этом значения параметра  $\beta$  фактически сводят зависимость /5/ к виду, аналогичному /6/.

## 2. Ассоциативные моменты и приближение к скейлингу

Нами были также вычислены значения величины

$R = \frac{\langle n(M_x^2) \rangle}{D}$  как функции  $M_x^2 / D$  - дисперсия ассоциативной множественности/. Эти значения для реакций /2/, /2б/ и /2в/ приведены на рис. 4.

В отличие от аналогичного соотношения для полных множественностей  $R = \frac{\langle n(s) \rangle}{D}$ , где с ростом  $s$  оно стремится к значению, равному 2, сверху для всех реакций /за исключением  $\bar{p}p$  /, для реакций /2/ и

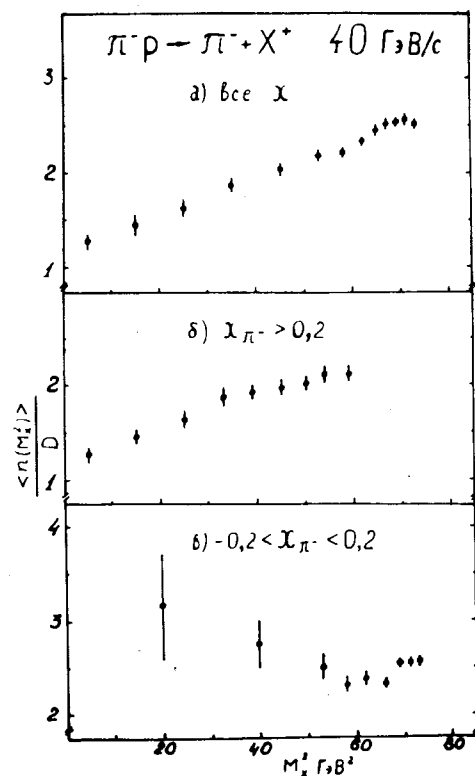


Рис. 4. Отношение  $\langle n(M_x^2) \rangle / D$  как функция квадрата недостающей массы к выделенному  $\pi^-$ -мезону, образующему ванну в различных областях фазового пространства.

Таблица 2

Результаты аппроксимации отношения  $\langle n(M_x^2) \rangle / D$  согласно формулам /7/ и /8/

Реакция	N- число точек	$a_4 + b_4 (\ln M_x^2)^{\frac{1}{2}}$			$a_5 + b_5 M_x^2$		
		$\chi^2$	$a_4$	$b_4$	$\chi^2$	$a_5$	$b_5$
(2)	13	62,8	$-1,48 \pm 0,23$	$1,91 \pm 0,12$	5,5	$1,15 \pm 0,07$	$0,020 \pm 0,001$
(2) $M_x^2 > 40 \text{ ГэВ}^2$	9	6,0	$-7,52 \pm 1,13$	$4,88 \pm 0,55$			
(3б)	9	67,2	$-3,23 \pm 1,30$	$2,76 \pm 0,64$	59,3	$1,56 \pm 0,17$	$0,013 \pm 0,002$
(3б) $M_x^2 > 50 \text{ ГэВ}^2$	7	47,6	$-6,31 \pm 1,47$	$4,27 \pm 0,72$			
(3в)	9	14,1	$-0,32 \pm 0,19$	$1,18 \pm 0,10$	3,6	$1,23 \pm 0,06$	$0,016 \pm 0,001$

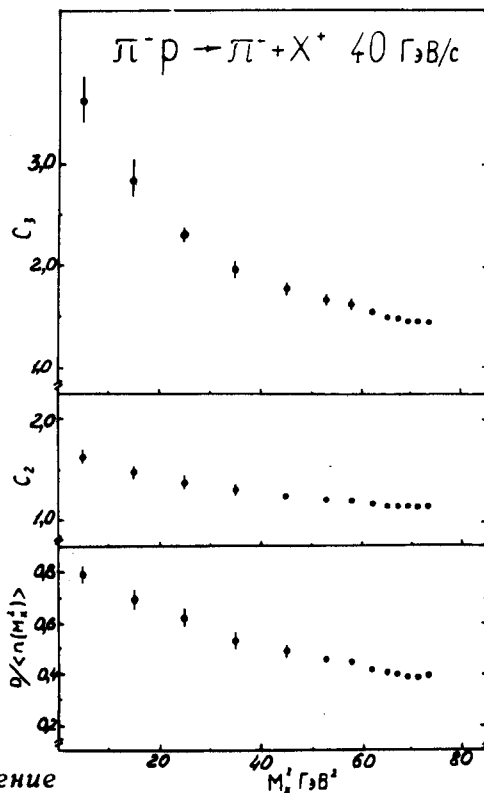
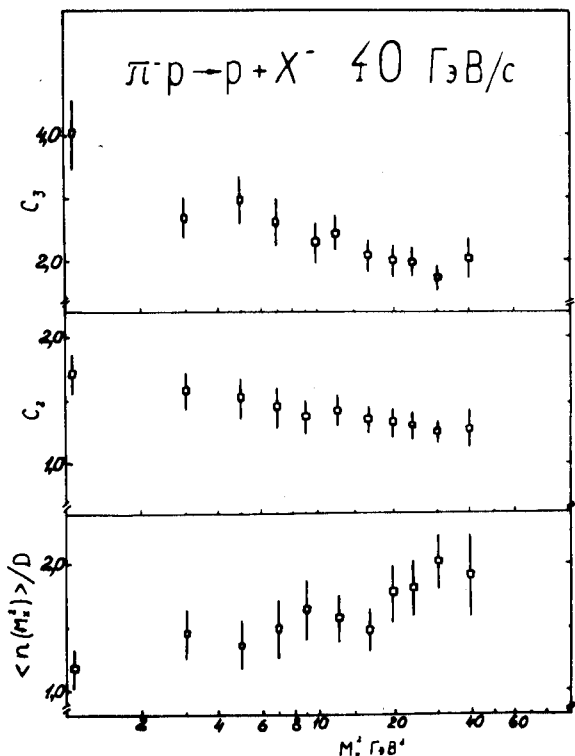


Рис. 5. Ассоциативные моменты  $C_2$  и  $C_3$  и отношение  $\langle n(M_x^2) \rangle / D$  как функции квадрата недостающей массы к выделенному а/ протону, б/  $\pi^-$ - мезону.

/Зв/ отношение  $R$  является возрастающей функцией  $M_x^2$ . Таким образом, в этих реакциях происходит сужение распределений по множественности с ростом  $M_x^2$ . Полученные экспериментальные данные были аппроксимированы согласно выражению

$$R = a_4 + b_4 (\ln M_x^2)^{1/2}, \quad /7/$$

предсказываемому мультипериферическими моделями /10/, а также согласно эмпирической формуле

$$R = a_5 + b_5 M_x^2. \quad /8/$$

Результаты аппроксимации приведены в табл. 2. Отметим, что и отношение  $R$  в центральной области неудовлетворительно описывается на основе мультипериферической модели.

Далее были вычислены значения ассоциативных моментов второго и третьего порядка  $C_2$  и  $C_3$ ,

где

$$C_k = \frac{\langle n^k(M_x^2) \rangle}{\langle n(M_x^2) \rangle^k},$$

в реакциях /1/ и /2/, приведенные на рис. 5.

В реакции /1/ наблюдается примерное постоянство величин  $C_2$  и  $C_3$ , за исключением области малых значений  $M_x^2$ . В реакции /2/ зависимость ассоциативных моментов от  $M_x^2$  довольно сильно выражена для значений  $M_x^2 \leq 60 \text{ ГэВ}$ , но при больших значениях  $M_x^2$  величины  $C_2$  и  $C_3$  почти постоянны. Отсутствие зависимости моментов  $C_k$  от  $M_x^2$  приводит к скейлинговому режиму поведения функции

$$\psi(z, M_x^2, s) = \langle n(M_x^2, s) \rangle \frac{d\sigma_n / dM_x^2}{d\sigma / dM_x^2} \Big|_{s, M_x^2 \rightarrow \infty} \longrightarrow \psi(z),$$

где  $z = \frac{n}{\langle n(M_x^2, s) \rangle}$ .

На подобное поведение ассоциативных моментов и функции  $\psi$  указывалось, например, в работах /10, 11/.

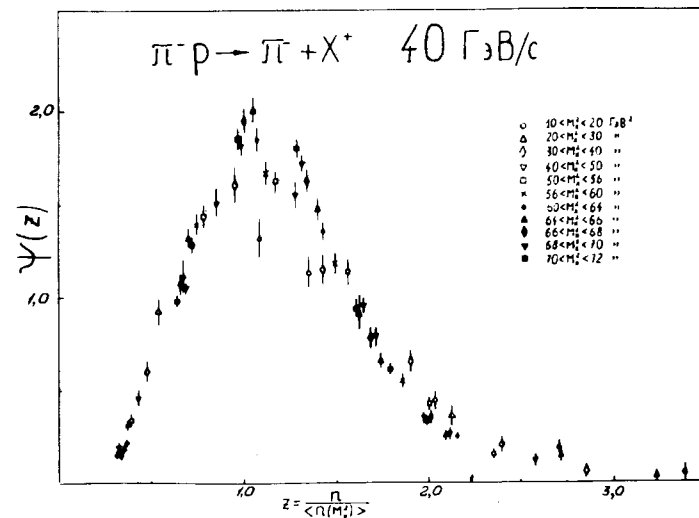
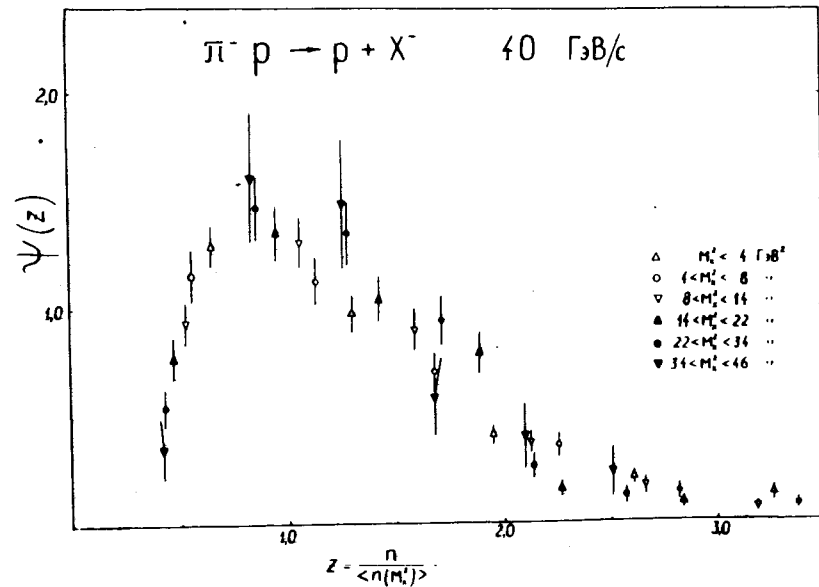


Рис. 6. Функция  $\psi(z, M_x^2, s) = \langle n(M_x^2, s) \rangle \frac{d\sigma_n / dM_x^2}{d\sigma / dM_x^2}$  в различных интервалах квадрата недостающей массы к выделенному а/ протону, б/  $\pi^-$ -мезону.



На рис. 6 приведены значения функции  $\psi$  в реакциях /1/ и /2/. Действительно, примерное постоянство ассоциативных моментов в реакции /1/ приводит к приближенному скейлингу для функции  $\psi$ , т.е.  $\psi(z, M_x^2) \rightarrow \psi(z)$  - рис. 6а. В реакции /2/ примерный скейлинг наблюдается только для больших значений  $M_x^2 \geq 60 \text{ ГэВ}^2$ , тогда как для меньших  $M_x^2$  распределение становится шире.

Таким образом, проведенное исследование зависимости ассоциативной множественности от квадрата недостающей массы к выделенной частице показало, что эта зависимость успешно объясняется в рамках моделей, в которых образующаяся система X связана с одним из первичных адронов. В области больших значений  $M_x^2$  наблюдается примерное постоянство ассоциативных моментов и, как следствие этого, приближенно выполняется скейлинг для функции  $\psi(z)$ .

В заключение авторы выражают глубокую благодарность коллективу сотрудничества по обработке снимков с двухметровой пропановой камеры, М.Н.Соловьеву, В.Г.Гришину, Е.Н.Кладницкой, В.А.Матвееву и А.Н.Сисакяну за полезные обсуждения. Авторы благодарны также группе физиков и лаборантов Проблемной лаборатории ядерной физики высоких энергий ТГУ, Г.О.Кураташвили, Т.Г.Махарадзе и Э.Г.Бараташвили за помощь в работе.

#### Литература

1. Нгуен Дин Ты и др. ОИЯИ, 13-5942, Дубна, 1973.
2. Абдурахимов А.У. и др. ОИЯИ, 1-6967, Дубна, 1973. Сотрудничество А-А-Б-Б-В-Д-К-М-С-Т-Т-У-Б-Х, ЯФ, 1973, 18, с.545.
3. Winkelmann F.C. e.a. Phys. Rev.Lett., 1974, 32, p.121.
4. 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.

5. Berger E.L. Phys. Rev., 1972, D6, 2580.
6. Matveev V.A., Tavkhelidze A.N. JINR, E2-5141, Dubna, 1970.
7. Сисакян А.Н., Слепченко Л.А. В кн.: Труды XVIII Международной конференции по физике высоких энергий, Тбилиси, 1976. ОИЯИ, Д1,2-10400, Дубна, 1977, т. II, с.24.
8. Albini E. e.a. Nuovo Cim., 1976, 32A, p. 101.
9. Fong D. e.a. Phys. Rev.Lett., 1976, 37, p. 736.
10. Франко-советское и ЦЕРН-советское объединение. В кн.: Труды XVIII Международной конференции по физике высоких энергий. Тбилиси, 1976. ОИЯИ, Д1,2-10400, Дубна, 1977, т. II, с.14.
11. Barshay S. e.a. Phys. Rev.Lett., 1974, 32, p.1390.

Рукопись поступила в издательский отдел  
6 апреля 1977 года.