

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



31/III - 78

P1 - 11481

Б-903

3190/2-78

Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов, А.Г.Володько,  
Г.Р.Гулканян, Ж.К.Карамян, З.А.Киракосян,  
Ю.Ф.Ломакин, В.Б.Флягин, Л.Шандор,  
Б.Г.Чиладзе

ОБРАЗОВАНИЕ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ

В  $\pi^-p$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 5 ГэВ/с.

Часть II. Исследование свойств множественного  
рождения заряженных и нейтральных мезонов  
в  $\pi^-p$ -взаимодействиях в сопровождении  
странных частиц

1978

P1 - 11481

Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов, А.Г.Володько,  
Г.Р.Гулканян, Ж.К.Карамян, З.А.Киракосян,  
Ю.Ф.Ломакин, В.Б.Флягин, Л.Шандор,  
Б.Г.Чиладзе

## ОБРАЗОВАНИЕ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ

В  $\pi^- p$ -ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ 5 ГэВ/с.

Часть II. Исследование свойств множественного  
рождения заряженных и нейтральных мезонов  
в  $\pi^- p$ -взаимодействиях в сопровождении  
странных частиц

*Направлено в ЯФ*

Будагов Ю.А. и др.

P1 - 11481

Образование странных частиц в  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с. Часть II. Исследование свойств множественного рождения заряженных и нейтральных мезонов в  $\pi^-p$ -взаимодействиях в сопровождении странных частиц

Получены данные о множественном рождении заряженных и нейтральных частиц в сопровождении странных частиц в  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с. Сравнение этих данных с соответствующими величинами для реакций без странных частиц свидетельствует о подобии ряда характеристик указанных двух типов процессов. Это подобие наблюдается также для распределений по ассоциативному рождению  $\Lambda^0$ -гиперонов при 5 ГэВ/с и при энергиях  $> 40$  ГэВ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Budagov Yu.A. et al.

P1 - 11481

Production of Strange Particles in  $\pi^-p$ -Interactions at 5 GeV/c. II. Investigation of Properties of Multiple Production of Charged and Neutral Mesons in  $\pi^-p$ -Interactions Accompanied by Strange Particles

The data is obtained on multiple production of charged and neutral particles accompanied by strange particles in  $\pi^-p$ -interactions at 5 GeV/c. The comparison of these data to corresponding values for the reactions without strange particles indicates that a number of characteristics of the above two processes are similar. This similarity is also observed for distributions over associative production of  $\Lambda^0$ -hyperons at 5 GeV/c and at energies of  $\geq 40$  GeV/c.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

## 1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из наиболее распространенных подходов к изучению свойств взаимодействия адронов высоких энергий является анализ характеристик процессов множественного рождения вторичных частиц. В результате исследований, проведенных за последние годы, удалось выявить определенные закономерности множественного и ассоциативного рождения частиц, не зависящие от типа и энергии налетающей частицы (KNO-скейлинг по множественности<sup>/1/</sup> и ассоциативной множественности<sup>/2/</sup>, ряд универсальных эмпирических выражений<sup>/3/</sup>). Отметим, однако, что найденные закономерности, как правило, относятся к инклюзивным реакциям в общем виде, в которых влияние образования странных частиц специально не выделяется. Для реакций с образованием странных частиц имеются лишь данные по ассоциативному рождению  $\Lambda^0$ -гиперонов и  $K^0$ -мезонов с заряженными частицами<sup>/4, 5/</sup>.

Между тем представляет определенный интерес изучение влияния рождения пар странных частиц на свойства множественного и ассоциативного рождения мезонов.

Опубликованные в нашей предыдущей работе<sup>/6/</sup> сечения практически всех эксклюзивных каналов реакций с рождением странных частиц (в том числе с образованием нескольких  $\pi^0$ -мезонов) позволяют провести нужный анализ.

## 2. СРЕДНИЕ ЗНАЧЕНИЯ И КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ МОМЕНТЫ

В табл. 1 и 1а приводится ряд характеристик распределений по множественности частиц, образованных в реакции  $\pi^- p \rightarrow n_{V^0} + n_{ch} + n_0$ : средняя множественность  $\langle n \rangle$ , дисперсия  $D$  и корреляционный момент второго порядка  $f_2^{ij}$ , который определяется как

$$f_2^{ij} = \langle n_i n_j - \delta_{ij} n_i \rangle - \langle n_i \rangle \langle n_j \rangle,$$

где

$$\begin{cases} \delta_{ij} = 0, & i \neq j \\ \delta_{ij} = 1, & i = j. \end{cases}$$

Величины  $f_2^{ij}$ , приведенные в табл. 1а, нормированы

$$\text{на } \langle n_i \rangle \langle n_j \rangle \text{ (при этом } f_2^{\prime ij} = \frac{\langle n_i n_j - \delta_{ij} n_i \rangle}{\langle n_i \rangle \langle n_j \rangle} - 1),$$

так что максимальный по абсолютной величине отрицательный момент  $f_2^{\prime ij} = -1$ .

Из табл. 1а можно заключить, что:

1)  $\pi^0$ -мезоны, вероятно, рождаются независимо друг от друга (момент  $f_2^{\prime \pi^0 \pi^0}$  в пределах ошибок близок к 0); распределение  $\pi^0$ -мезонов хорошо описывается формулой Пуассона (рис. 1);

2) практически отсутствует корреляция в выходах странных частиц и  $\pi^0$ -мезонов, что может говорить об их независимом рождении.

На рис. 2 приведена зависимость корреляционных моментов  $f_2^{K^0 \pi^-}$  и  $f_2^{\Lambda^0 \pi^-}$  от импульса первичной частицы для  $\pi^- p$ -взаимодействий при 5 и 40 ГэВ/с<sup>4/</sup> и для  $pp$ -взаимодействий в интервале (69+303)ГэВ/с<sup>5/</sup>. Как видно, не наблюдается такой сильной энергетической зависимости, как для  $f_2^{\pi^0 \pi^-}$  ( $f_2^{\pi^0 \pi^-}$  возрастает как  $(\ln S)^{3/2}$  от 69 до 303 ГэВ/с<sup>5/</sup>).

Таблица 1

Значения средней множественности  $\langle n \rangle$  и дисперсии  $D$  для частиц, образованных в реакции  $\pi^- p \rightarrow n_{V^0} + n_{ch} + n_0$

Тип частицы	$\pi^-$	$\pi^+$	$\pi^0$	$K^-$	$K^+$	$K^0$	$\bar{K}^0$
$\langle n \rangle$	0,71±0,04	0,46±0,04	0,63±0,05	0,34±0,02	0,44±0,03	0,56±0,04	0,19±0,02
$D$	0,59±0,02	0,54±0,01	0,78±0,02	0,47±0,01	0,50±0,01	0,50±0,01	0,39±0,01

Тип частицы	$\Lambda$	$\Sigma^0$	$\Sigma^+$	$\Sigma^-$	$P$	$n$
$\langle n \rangle$	0,23±0,03	0,11±0,01	0,08±0,01	0,06±0,01	0,15±0,01	0,38±0,03
$D$	0,42±0,02	0,31±0,02	0,26±0,01	0,23±0,01	0,35±0,01	0,49±0,01

Таблица 1а

Значения корреляционного момента второго порядка  $f_2^{ij}$  для частиц, образованных в реакции  $\pi^- + p \rightarrow \pi_{\nu^0} + \pi_{ch} + \pi^0$

Тип частицы	$\pi^-$	$\pi^+$	$\pi^0$	$K^-$	$K^+$	$K^0$	$\bar{K}^0$	$\Lambda$	$\Sigma^+$	$\Sigma^-$	$\rho$	$n$
$\pi^-$	$-0,72 \pm 0,04$	$0,29 \pm 0,07$	$-0,13 \pm 0,06$	$-0,42 \pm 0,05$	$0,21 \pm 0,08$	$-0,17 \pm 0,04$	$0,13 \pm 0,09$	$0,32 \pm 0,07$	$0,27 \pm 0,10$	$-0,60 \pm 0,13$	$0,15 \pm 0,08$	$-0,36 \pm 0,06$
$\pi^+$	—	$-0,8 \pm 0,04$	$-0,18 \pm 0,06$	$-0,06 \pm 0,09$	$-0,48 \pm 0,06$	$0,37 \pm 0,07$	$-0,49 \pm 0,08$	$0,41 \pm 0,09$	$0,12 \pm 0,15$	$1,25 \pm 0,18$	$-0,75 \pm 0,06$	$-0,01 \pm 0,09$
$\pi^0$	—	—	$-0,16 \pm 0,09$	$-0,07 \pm 0,08$	$-0,05 \pm 0,08$	$0,04 \pm 0,06$	$-0,05 \pm 0,11$	$0,04 \pm 0,10$	$0,22 \pm 0,14$	$-0,01 \pm 0,11$	$0,03 \pm 0,12$	$-0,10 \pm 0,10$
$K^-$	—	—	—	—	$0,51 \pm 0,08$	$-0,40 \pm 0,06$	—	—	—	—	$1,13 \pm 0,19$	$0,81 \pm 0,10$
$K^+$	—	—	—	—	—	—	$-0,20 \pm 0,09$	$0,37 \pm 0,11$	$-0,15 \pm 0,13$	$-0,08 \pm 0,12$	$-0,05 \pm 0,11$	$0,37 \pm 0,08$
$K^0$	—	—	—	—	—	—	$0,15 \pm 0,09$	$0,29 \pm 0,08$	$0,12 \pm 0,12$	$0,06 \pm 0,11$	$0,04 \pm 0,10$	$-0,29 \pm 0,06$
$\bar{K}^0$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	$0,49 \pm 0,22$	$1,05 \pm 0,15$

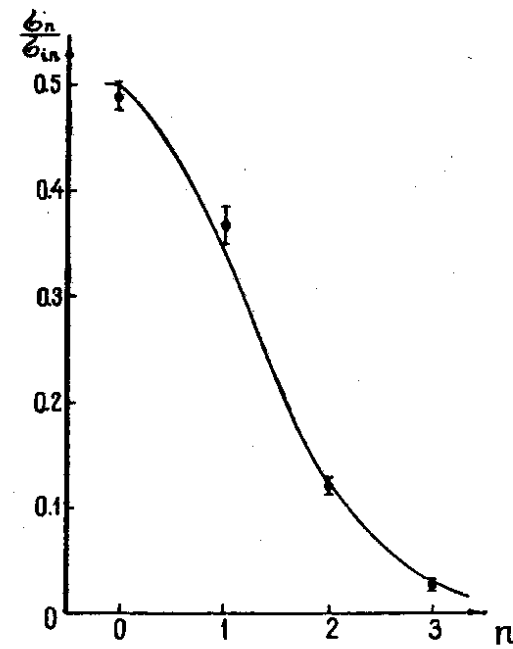


Рис. 1. Распределение по множественности  $\pi^0$ -мезонов. Кривая - распределение Пуассона ( $a = 0,69 \pm 0,03$ ,  $\chi^2/N_p = 0,16$ ).

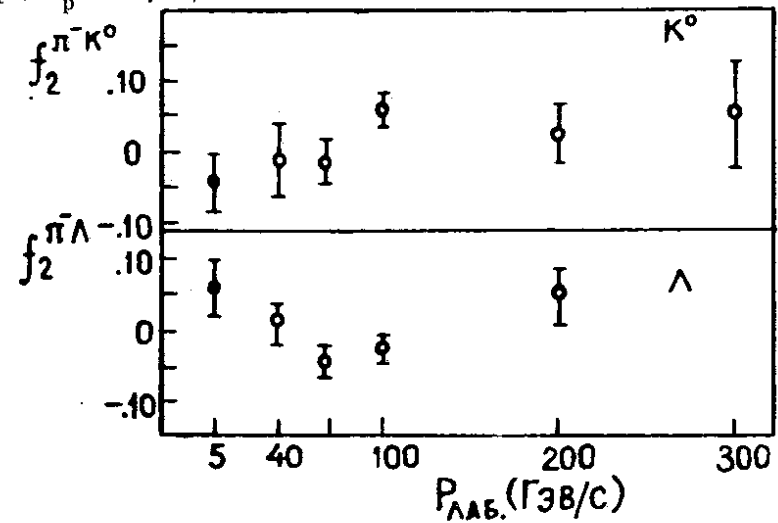


Рис. 2. Корреляционный момент  $f_2^{\nu^0 \pi^-}$  как функция импульса первичной частицы.

### 3. СРАВНЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ПО МНОЖЕСТВЕННОСТИ В РЕАКЦИЯХ С РОЖДЕНИЕМ И БЕЗ РОЖДЕНИЯ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ

На рис. 3 и 4 представлены распределения по множественности заряженных частиц и нейтральных мезонов, соответственно, в общепринятых переменных  $n/\langle n \rangle$  и  $(n - \langle n \rangle)/D$  для процессов с образованием странных частиц. С целью сравнения приведены данные для заряженных частиц и  $\pi^0$ -мезонов, образующихся в  $\pi^-p$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с (без рождения странных частиц). Как видно из рис. 3 и 4, наблюдается качественное согласие этих распределений.

В табл. 2 приведены наборы центральных моментов  $\mu_q$ , где

$$\mu_q = \langle (x - \langle x \rangle)^q \rangle \quad \text{и} \quad \mu_0 = 1, \quad \mu_1 = 0.$$

Из табл. 2 можно заключить, что наблюдается также некоторое количественное согласие распределений, приведенных на рис. 3б и 4б для процессов с образованием странных частиц и без них - наборы моментов  $\mu_q$  в пределах ошибок совпадают.

Коба, Нильсен и Олесен /1/ показали, что функция  $\langle n \rangle P_n$  должна быть универсальной функцией отношения  $n/\langle n \rangle$  при  $S \rightarrow \infty$  ( $S$  - квадрат полной энергии в системе ц.м.)

$$\langle n \rangle P_n = \psi\left(\frac{n}{\langle n \rangle}\right) \left(1 + O\left(\frac{n}{\langle n \rangle}\right)\right).$$

В работе /7/ авторы провели анализ распределений по полной множественности вторичных частиц. Они получили явный вид универсальной функции  $\psi(Z')$  для "истинно рожденных" частиц

$$\langle n - 2 \rangle P_n = \psi(Z') = \frac{\pi}{4} Z' \exp\left(-\frac{\pi}{4} Z'^2\right). \quad (1)$$

Под количеством "истинно рожденных" частиц здесь

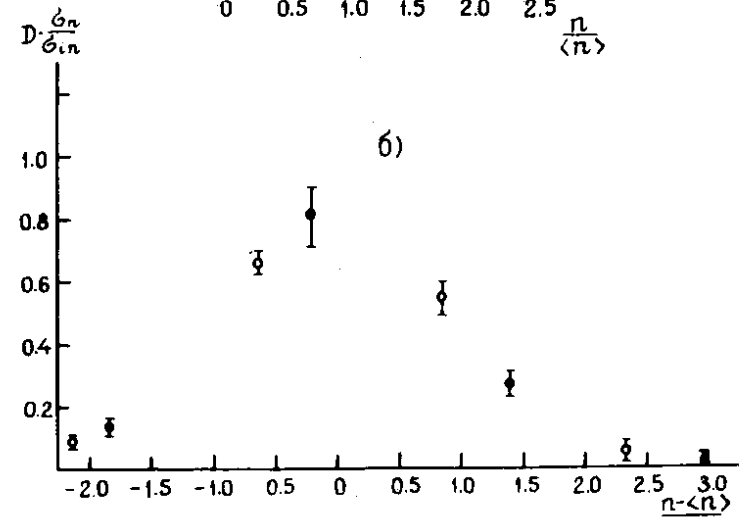
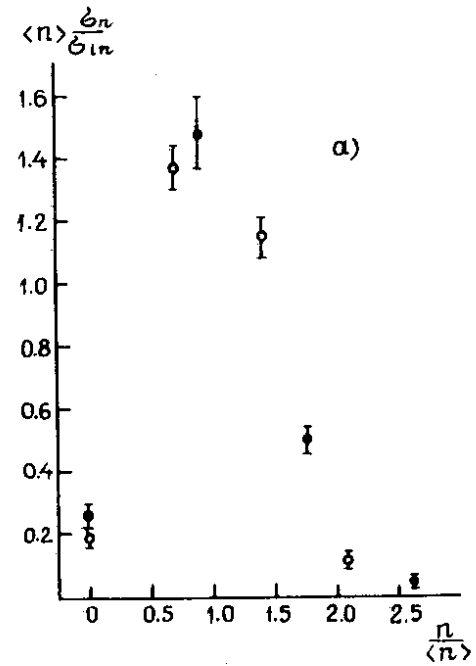


Рис. 3. а) зависимость  $\langle n \rangle \frac{\sigma_n}{\sigma_{in}}$  от  $\frac{n}{\langle n \rangle}$ ; б) зависимость  $D \frac{\sigma_n}{\sigma_{in}}$  от  $\frac{n - \langle n \rangle}{D}$   $\pi^-p$ -взаимодействиях при 5 ГэВ/с для заряженных частиц,  $\bullet$  - события со странными частицами,  $\circ$  - события без странных частиц.

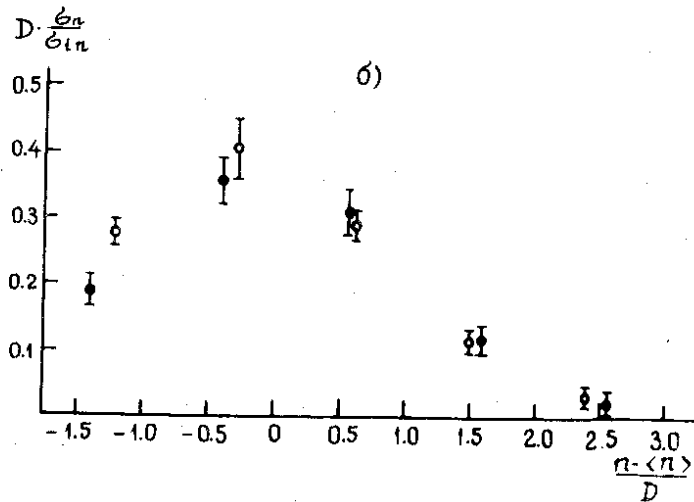
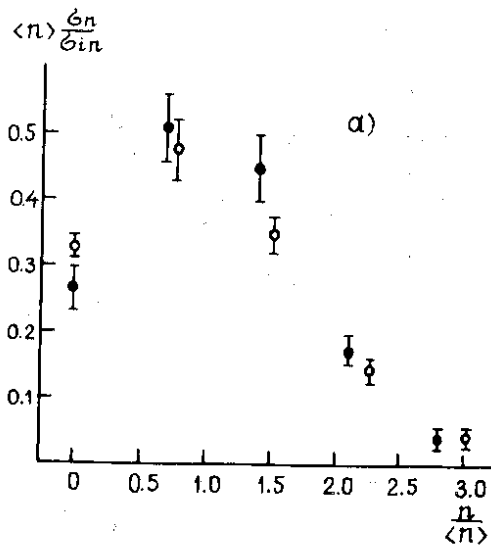


Рис. 4. Те же зависимости, что на рис. 3, но для нейтральных мезонов.

Таблица 2  
Значения центральных моментов  $\{\mu_q\}$

	$x$	$q$	$\mu_q$	
			включая странные частицы	без учета странных частиц
заряженные частицы	$\frac{n}{\langle n \rangle}$	2	$0,29 \pm 0,09$	$0,22 \pm 0,02$
		3	$0,06 \pm 0,04$	$-0,001 \pm 0,004$
		4	$0,31 \pm 0,06$	$0,134 \pm 0,004$
		5	$0,13 \pm 0,07$	$0,001 \pm 0,004$
		6	$0,50 \pm 0,15$	$0,133 \pm 0,006$
		6		
	$\frac{n - \langle n \rangle}{D}$	2	$1,0 \pm 0,36$	$1,0 \pm 0,04$
		3	$0,38 \pm 0,16$	$0,01 \pm 0,10$
		4	$3,6 \pm 1,0$	$2,8 \pm 0,30$
		5	$3,3 \pm 1,6$	$0,02 \pm 0,4$
		6	$19,6 \pm 8,6$	$12,5 \pm 1,4$
		6		
нейтральные мезоны	$\frac{n}{\langle n \rangle}$	2	$0,49 \pm 0,09$	$0,64 \pm 0,05$
		3	$0,13 \pm 0,11$	$0,27 \pm 0,03$
		4	$0,64 \pm 0,10$	$1,08 \pm 0,23$
		5	$0,49 \pm 0,13$	$1,21 \pm 0,25$
		6	$1,26 \pm 0,43$	$2,9 \pm 0,3$
		6		
	$\frac{n - \langle n \rangle}{D}$	2	$0,99 \pm 0,05$	$0,90 \pm 0,09$
		3	$0,37 \pm 0,12$	$0,45 \pm 0,05$
		4	$2,57 \pm 0,38$	$2,14 \pm 0,27$
		5	$2,79 \pm 0,75$	$2,83 \pm 0,26$
		6	$10,2 \pm 2,5$	$8,1 \pm 0,82$
		6		

понимается величина  $n' = n - 2$ ,  $Z' = \frac{n-2}{\langle n-2 \rangle}$ , где  $n$  - число всех вторичных частиц. При описании наших данных с помощью кривой (1) получается удовлетворительное согласие ( $\chi^2/N_p = 9,3/6$ ,  $N_p$  - число экспериментальных точек).

Рис. 5 показывает, что в представлении KNO наблюдается подобие распределений по полному числу "истинно рожденных" частиц для  $\pi^-p$ -взаимодействий как с образованием странных частиц, так и без них.

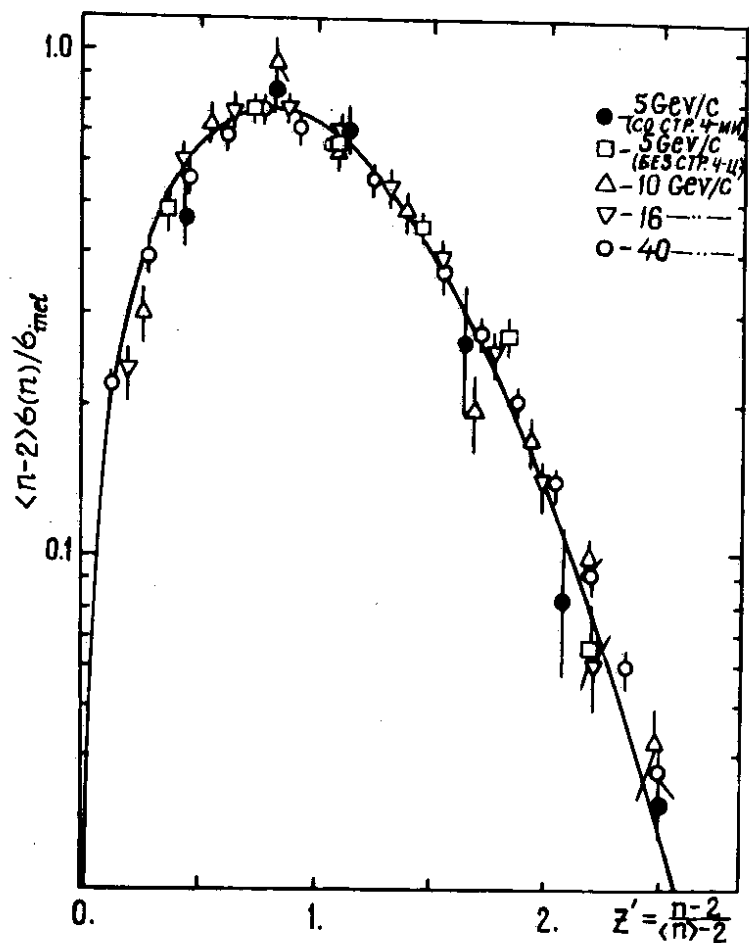


Рис. 5. Зависимость  $\langle n-2 \rangle \frac{\sigma_n}{\sigma_{in}}$  от  $Z' = \frac{n-2}{\langle n \rangle - 2}$ .

Рассмотрим теперь распределения для нейтральных ( $\pi^0$  и  $K^0$ ) мезонов в зависимости от числа сопровождающих их заряженных частиц.

Для полуинклюзивного рождения  $n_0$  частиц имеем<sup>/2/</sup>

$$\frac{\langle n \rangle}{\langle n_0 \rangle} \frac{\sigma(n_0)}{\sigma_{in}} = F\left(\frac{n}{\langle n \rangle} = Z, S\right) \xrightarrow{S \rightarrow \infty} \phi(Z),$$

где  $\langle n \rangle$  - средняя множественность заряженных частиц;  $\langle n_0 \rangle$  - средняя множественность нейтральных мезонов;

$$\sigma_n(n_0) = \langle n_0 \rangle_n \sigma_n,$$

где  $\sigma_n$  - топологическое сечение;  $\langle n_0 \rangle_n$  - средняя множественность нейтральных мезонов в данной топологии.

На рис. 6 приведено экспериментальное распределение  $F(Z, S)$ . Можно видеть, что, как и в случае без странных частиц<sup>/8/</sup>, наши данные не описываются кривой

$$\Phi(Z) = a_0 \exp\left(\sum_{\ell=1}^4 a_\ell Z^\ell\right),$$

где  $a_\ell$  ( $\ell=0, \dots, 4$ ) - параметры.

Авторы работы<sup>/8/</sup>, введя преобразование

$$Z_1 = Z + \frac{a}{\langle n \rangle^2}, \quad (2)$$

(где  $a$  - не зависящий от энергии параметр  $a = 1,81 \pm \pm 0,18$ ), а также учитывая, что сечение неупругих процессов с малой множественностью заряженных частиц быстро падают с ростом энергии, и предполагая аналогичное поведение в асимптотике, параметризацию функции  $\Phi(Z_1)$  выбрали в форме

$$\Phi(Z_1) = b_0 Z_1 \exp\left(\sum_{\ell=1}^m b_\ell Z_1^\ell\right), \quad (3)$$

где  $b_\ell$  ( $\ell = 0, \dots, m$ ) - параметры.

В таких предположениях  $\Phi(Z_1)$  единым образом описывает данные для  $\pi^-p$ -взаимодействий в интервале импульсов  $5 + 205$  ГэВ/с.



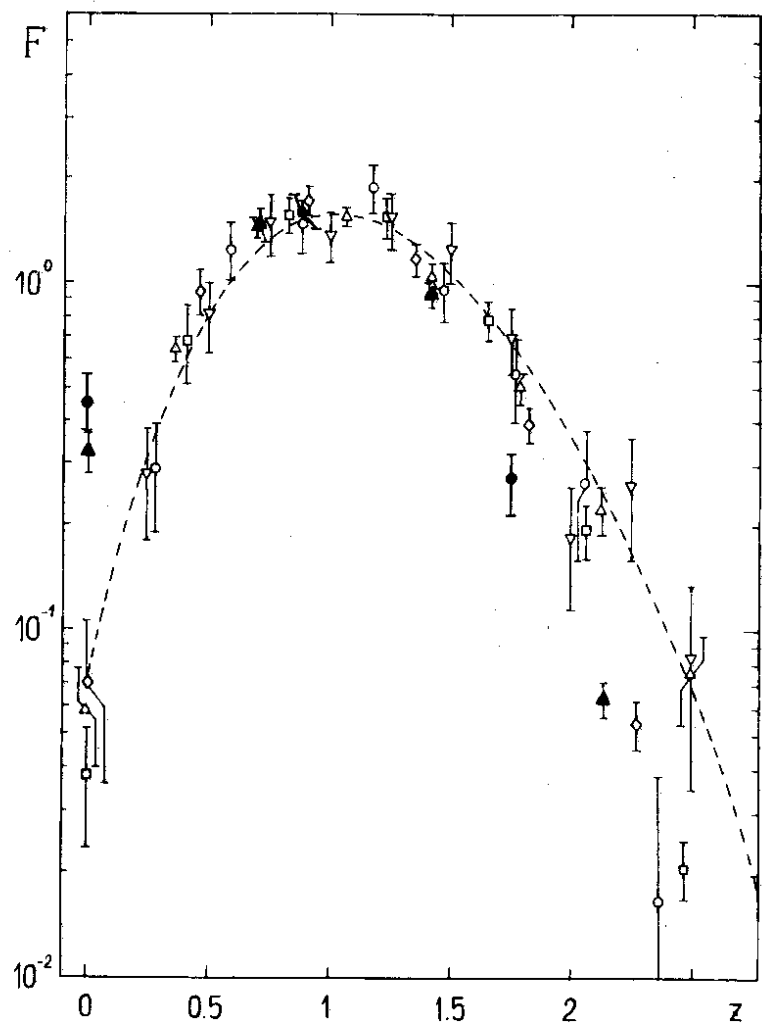


Рис. 6. Зависимость  $\langle n \rangle \sigma_n(n_0) / \langle n_0 \rangle \sigma_{in}$  от  $Z = \frac{n}{\langle n \rangle}$  для  $\pi^-p$ -взаимодействий при 5 ГэВ/с (включая странн. част.),  $\bullet$ , 5 ГэВ/с (без странн. част.) -  $\blacktriangle$ , 18,5 ГэВ/с -  $\diamond$ , 25 ГэВ/с -  $\square$ , 40 ГэВ/с -  $\Delta$ , 100 ГэВ/с -  $\circ$  и 205 ГэВ/с -  $\nabla$ .

Аналогичное (2) преобразование (при  $\alpha = 1,65 \pm 0,29$ ) позволило достаточно хорошо описать наши данные с образованием странных частиц кривой (3) с  $m = 2$  (см. рис.7).

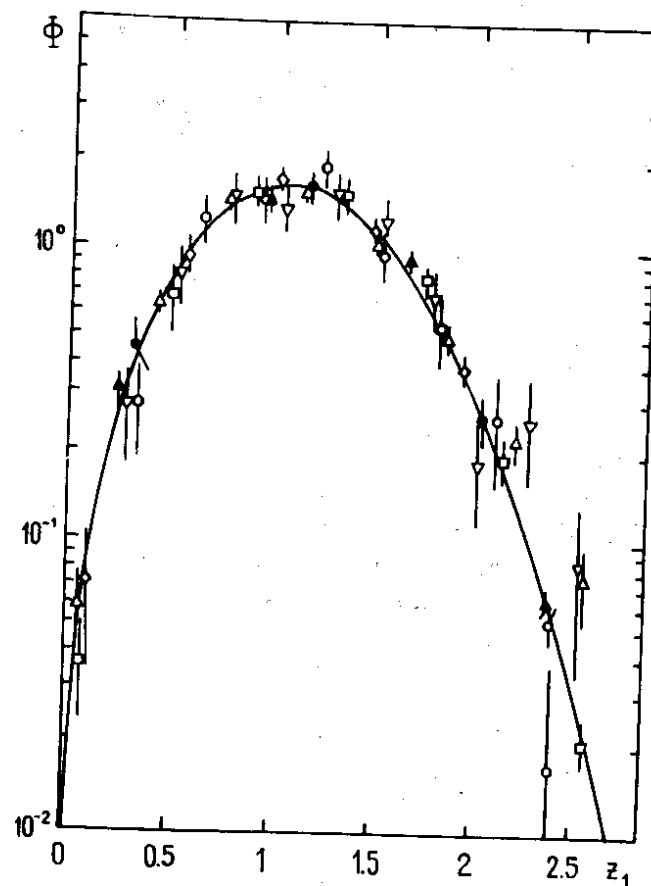


Рис. 7. Зависимость  $\langle n \rangle \sigma_n(n_0) / \langle n_0 \rangle \sigma_{in}$  от  $Z_1 = Z + \frac{\alpha}{\langle n \rangle^2}$  для  $\pi^-p$ -взаимодействий. Обозначения те же, что на рис. 6.

#### 4. АССОЦИАТИВНОЕ РОЖДЕНИЕ Λ<sup>0</sup>-ГИПЕРОНОВ И К<sup>0</sup>-МЕЗОНОВ

Изучение скейлинга по множественности для разного сорта вторичных частиц в широком диапазоне энергий представляет большой интерес с точки зрения исследований динамики множественного рождения частиц. В настоящее время существует довольно обширная экспериментальная информация о процессах рождения π-мезонов и сравнительно бедная - для странных частиц.

Распределение по ассоциативному рождению Λ<sup>0</sup>-гиперонов и К<sup>0</sup>-мезонов в рамках полуинклюзивного скейлинга имеет вид /2/

$$\frac{\langle n \rangle}{\langle n_{V^0} \rangle} \frac{\sigma_n(V^0)}{\sigma_{in}} = \phi(Z), \quad (4)$$

где  $\langle n \rangle$  ( $\langle n_{V^0} \rangle$ ) - среднее число заряженных частиц ( $V^0$  - частиц);  $\sigma_n(V^0) = \langle n_{V^0} \rangle \sigma_n$ ,  $\sigma_n$  - топологическое сечение,  $\langle n_{V^0} \rangle_n$  - средняя множественность  $V^0$ -частиц в данной топологии.

На рис. 8 представлены экспериментальные данные по рождению Λ<sup>0</sup>-гиперонов в π<sup>-</sup>p-взаимодействиях при 5 ГэВ/с. Для сравнения там же приведены результаты для π<sup>-</sup>p-взаимодействий при 40 ГэВ/с /4/ и для pp-взаимодействий в области энергий (69+205 ГэВ/с) /5/. Данные аппроксимировались функцией

$$\phi\left(Z = \frac{n}{\langle n \rangle}\right) = \exp\left(\sum_{j=0}^3 a_j Z^j\right). \quad (5)$$

Как видно из рис. 8, топологические сечения Λ<sup>0</sup>-гиперонов уже при 5 ГэВ/с могут описываться функцией, зависящей только от  $n/\langle n \rangle$  и, следовательно, удовлетворяют предсказаниям соотношения подобия (4).

Экспериментальные данные для К<sup>0</sup>-мезонов при 5 ГэВ/с не описываются функцией (5); это говорит о том, что ассоциативное рождение К<sup>0</sup>-мезонов не подчиняется соотношению подобия (4). Однако, проделав, как и в случае с нейтральными мезонами, преобразование  $Z_1 = Z + \frac{a}{\langle n \rangle^2}$  (при  $a = 1,77 \pm 0,02$ ), можно

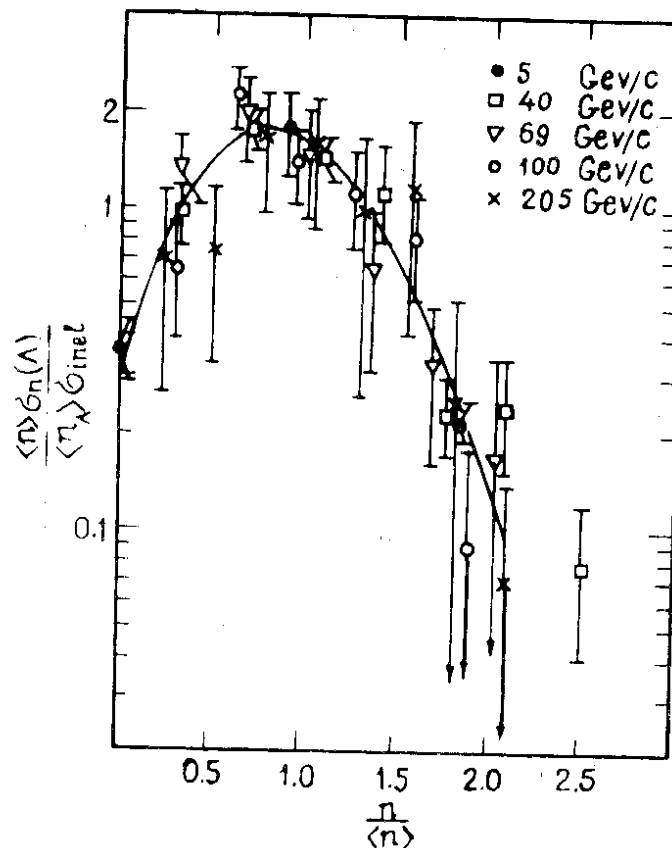


Рис. 8. Зависимость  $\frac{\langle n \rangle \sigma_n(\Lambda^0)}{\langle n_{V^0} \rangle \sigma_{in}}$  от  $Z = \frac{n}{\langle n \rangle}$  для Λ<sup>0</sup>-гиперонов в π<sup>-</sup>p- и pp-взаимодействиях ( $\chi^2/N_p = 1,2$ ).

получить удовлетворительное ( $\chi^2/N_p = 4,0/3$ ) описание экспериментальных данных для К<sup>0</sup>-мезонов функцией

$$\phi(Z_1) = \exp\left(\sum_{j=0}^3 a_j Z_1^j\right) \quad (\text{см. рис. 9}).$$

Там же для сравнения приведены данные для π<sup>-</sup>p-взаимодействий при 40 ГэВ/с и для pp-взаимодействий - при (69 + 303 ГэВ/с).

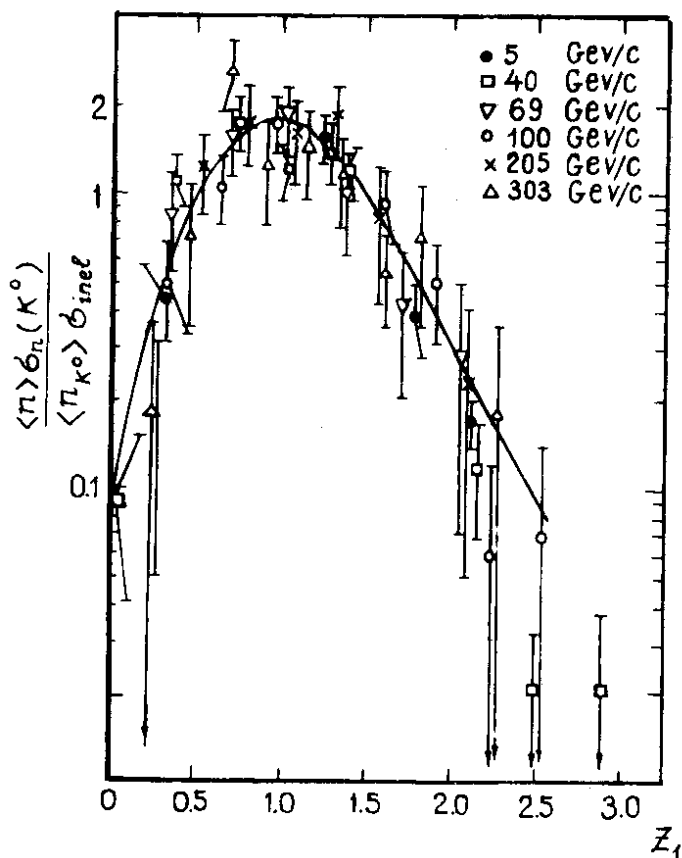


Рис. 9. Та же зависимость, что на рис. 8, но в переменных  $Z_1$  для  $K^0$ -мезонов.

## 5. ВЫВОДЫ

1. Анализ экспериментальных данных по  $\pi^-p$ -взаимодействиям с образованием странных частиц показывает, что существует определенное подобие характеристик процессов множественной генерации частиц в реакциях с рождением и без рождения странных частиц.

2. Сравнение наших данных и данных при 40 ГэВ и выше свидетельствует о подобии распределений по ассоциативному рождению  $\Lambda^0$ -гиперонов в реакциях  $\pi^-p \rightarrow \Lambda^0 + n_{ch} + \dots$

## ЛИТЕРАТУРА

1. Koba Z., Nielsen H.B., Olesen P. Nucl.Phys., 1972, B40, p.317 p.317.
2. Dao F.T., Whitmore J. Phys.Lett., 1973, 46B, p.252.
3. Czyzewski O., Rybicki K. Nucl.Phys., 1972, B47, p.633. Bozoki G. et al. Nuovo Cim., 1969, 64A, p.881. Dewolf E. et al. Nucl. Phys., 1975, B87, p.325.
4. Амаглобели Н.С. и др. ОИЯИ, P1-8141, Дубна, 1974.
5. Cohen D. Phys.Lett., 1973, 47B, p.457.
6. Будагов Ю.А. и др. ЯФ, 1977, т.25, вып. 6, с.1195.
7. Амаглобели Н.С. и др. ЯФ, 1977, т.25, вып. 2, с.335.
8. Budagov Yu.A. et al. JINR, E1-9501, Dubna, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел  
14 апреля 1978 года.