

Объединенный
институт
ядерных
исследований
Дубна

23/11-79

A-697

P1 - 12115

1531/2-79

А.И.Аношин, М.И.Соловьев, М.Сулейманов,
Д.Тувдендорж, В.В.Ужинский

"ЧАСТНЫЙ" КНО - СКЕЙЛИНГ

В АДРОН-АДРОННЫХ И АДРОН-ЯДЕРНЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

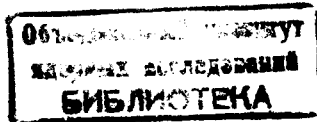
1979

P1 - 12115

А.И.Аношин,¹ М.И.Соловьев, М.Сулейманов,²
Д.Тувдендорж, В.В.Ужинский³

"ЧАСТНЫЙ" КНО - СКЕЙЛИНГ
В АДРОН-АДРОННЫХ И АДРОН-ЯДЕРНЫХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

Направлено в ЯФ



¹ НИИЯФ МГУ, Москва.

² Институт физики АН АзССР, Баку.

³ ИЯФ АН УзССР, Ташкент.

Аношин А.И. и др.

PI - 12115

"Частный" КНО-скейлинг в адрон-адронных и адрон-ядерных взаимодействиях

Изучается автомодельное поведение распределений по множественности рожденных частиц в зависимости от коэффициента неупругости в pp (19,2 ГэВ/с), $\pi^-p(N)$ и $\pi^-^{12}C$ (40 ГэВ/с)-взаимодействиях. Показано, что имеет место аналог КНО-скейлинга. Обсуждаются причины нарушения этого скейлинга.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОЯИИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1979

Anoshin A.I. et al.

PI - 12115

"Particular" KNO-Scaling in Hadron-Hadron and Hadron-Nuclear Interactions

Automodel behaviour of distributions over the multiplicity of produced particles as a function of inelasticity coefficients in pp (19,2 GeV/c), $\pi^-p(N)$ and $\pi^-^{12}C$ (40 GeV/c)-interactions is studied. It is shown that the analog of KNO-scaling takes place. The reasons for scaling breaking are discussed.

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

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1979

Автомодельное поведение распределений по множественности частиц, рожденных совместно с какой-либо выделенной частицей, изучалось в ряде экспериментальных и теоретических работ. В частности, было показано /1-4/, что имеет место аналог КНО-скейлинга /11/, т.е. экспериментальные распределения удовлетворительно описывались универсальной функцией ψ' , определяемой соотношением /1/.

$$\psi' \left(\frac{n}{\bar{n}(x)} \right) = \frac{\bar{n}(x)}{d\sigma/dx} \frac{d\sigma_n}{dx}, \quad /1/$$

где σ_n - сечение рождения n -заряженных частиц, $\bar{n}(x)$ - средняя ассоциативная множественность частиц, рожденных вместе с выделенной частицей, имеющей фиксированное значение какой-либо кинематической переменной x/P_{\perp} - поперечного импульса, y - быстроты, M_x^2 - квадрата рожденной массы/. Соотношение подобия типа /1/ было предположено в работах /1,5,6/, а требование совместности этого поведения с выполнением КНО-скейлинга обсуждалось в /5,7/.

В настоящей работе мы исследуем это свойство, далее называемое для краткости "частным" КНО-скейлингом в зависимости от коэффициента неупругости - k . Выбор этой переменной, с одной стороны, обусловлен тем, что она однозначна для индивидуального события, в отличие от других переменных, зависящих от типа выбранной частицы; с другой стороны, при этом в едином подходе могут быть изучены адрон-адронные и адрон-ядерные взаимодействия. Знание зависимости распределений по множественности от k полезно при расчетах по модели

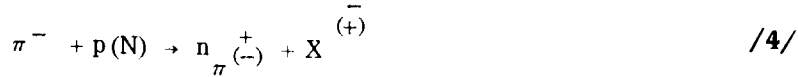
внутриядерного каскада. Кроме того, моменты этих распределений C'_q , как обнаружено нами, более постоянны, чем это было показано в более ранних работах /1, 2, 4/, где в качестве x брались M_x^2 , P_\perp , y .

$$C'_q = \frac{1}{\bar{n}^{q+1}(x)} \sum_n n^q \psi' \left(\frac{n}{\bar{n}(x)} \right). \quad /2/$$

Экспериментальный материал, использованный при анализе, состоит из данных по реакциям



при 19,2 ГэВ/с /8/ и



при 40 ГэВ/с, обработанных согласно принятой методике /9,10/.

§1. "Частный" КНО-скейлинг в pp-взаимодействиях *

Основным предположением является выражение /1/, где под x понимается коэффициент неупругости для реакции /3/

$$k = \sum_{\pi^\pm 0} E^{c.m.s.} / (\sqrt{s} - 2m_p). \quad /6/$$

Тогда условие совместимости выполнения "частного" КНО-скейлинга и КНО-скейлинга /11/, сформулированное в /5,7/, состоит в следующем:

$$\psi \left(\frac{n}{\bar{n}} \right) = \int_0^1 \frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dk} \frac{\bar{n}}{\bar{n}(k)} \psi' \left(\frac{n}{\bar{n}(k)} \right) dk. \quad /7/$$

* В этом параграфе рассматривается более простая реализация подхода, сформулированного в /5/.

Здесь \bar{n} - средняя множественность π -мезонов в реакции /3/, а σ_{in}^{in} - ее полное неупругое сечение, $\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dk}$ -

распределение по коэффициенту неупругости, приведенное в /8/, которое мы параметризуем в виде:

$$\frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dk} = \frac{1}{B(2,7; 2,2)} k^{1,7} (1-k)^{1,2} \quad /8/$$

/B(x, y) - известная бэта-функция Эйлера/. Заменим параметр 1,2 в /8/ на единицу для простоты расчетов и примем, по данным работы /8/, что приближенно

$$\bar{n}(k) = \frac{k}{1-k}. \quad /9/$$

Тогда требование /7/, с учетом /8/ и /9/, дает соотношение для моментов C_q и C'_q функций ψ и ψ' ,

$$C'_q = (q+3,7) \cdot (q+2,7) \cdot \bar{k}^q \cdot C_q / 3,7 / 2,7. \quad /10/$$

которое отличается от выражения /2,7/ работы /5/ тем, что оно связывает моменты распределений одинакового порядка. Выбирая $\psi(z)$ для "истинно" рожденных частиц в виде /12/

$$\psi(z) = \frac{\pi}{2} z \exp\left(-\frac{\pi}{4} z^2\right), \quad /11/$$

можно убедиться, что моменты C'_q имеет функция

$$\begin{aligned} \psi'(z) = & \frac{4}{3,7 \cdot 2,7} \times \left[\left(\frac{\pi}{4\bar{k}^2} z^2 \right)^2 + 0,2 \left(\frac{\pi}{4\bar{k}^2} z^2 \right) + 0,35 \cdot 0,85 \right] \times \\ & \times \frac{\pi}{2\bar{k}^2} z \cdot \exp\left(-\frac{\pi}{2\bar{k}^2} z^2\right). \quad /12/ \end{aligned}$$

Знание функции ψ' позволяет вычислять распределения по k при фиксированной полной множественности рожденных частиц,

$$\frac{1}{\sigma_n} \frac{d\sigma_n}{dk} = \frac{1}{\sigma_{in}} \frac{d\sigma}{dk} \cdot \frac{\bar{n}}{\bar{n}(k)} \psi' \left(\frac{n}{\bar{n}(k)} \right) / \psi \left(\frac{n}{\bar{n}} \right), \quad /13/$$

которое согласуется с экспериментом /рис. 1,2/, что служит косвенным указанием на справедливость предположения /1/. Проверим это предположение для $\pi^- N$ и $\pi^- {}^{12}C$ - взаимодействий.

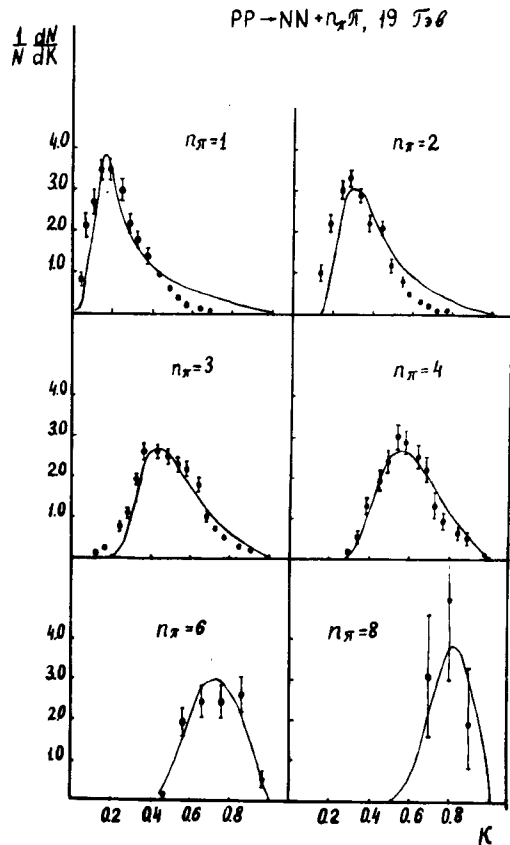


Рис. 1. Распределения по коэффициенту неупругости в pp -взаимодействиях при различных значениях полной множественности рожденных частиц. Кривые - расчет по формуле /13/.

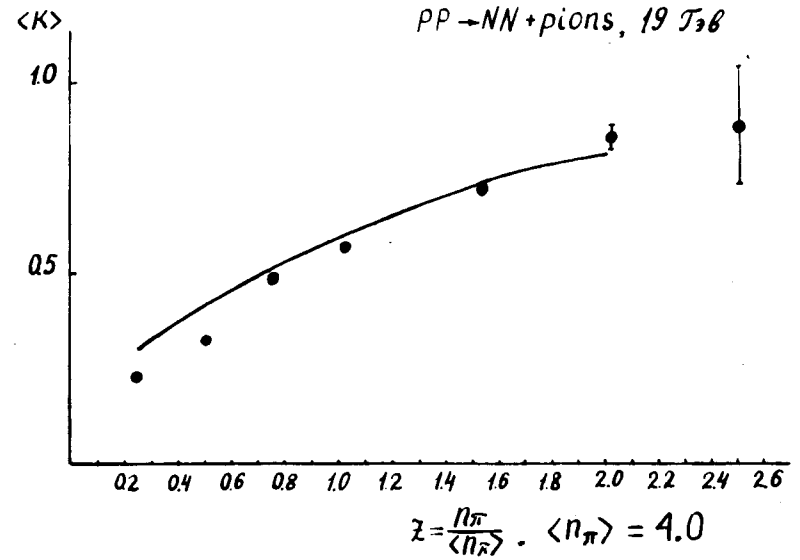


Рис. 2. Среднее значение k в зависимости от n_{tot} . Кривая - расчет по формуле /13/.

§2. "Частный" КНО-скейлинг в $\pi^- N$ и $\pi^- {}^{12}C$ -взаимодействиях

Изучение взаимодействия пионов с нуклонами и ядрами, в отличие от pp - и pA -взаимодействий, осложняется проблемой выделения лидирующих частиц. Поэтому мы сочли целесообразным проводить анализ отдельно для отрицательно и положительно заряженных частиц /среди положительно заряженных π -мезонов возможна примесь неидентифицированных протонов с импульсом больше 700 МэВ/с/.

В качестве коэффициента неупругости для реакции /4/ бралась величина

$$k^{(\pm)} = \sum_{\pi^{(\pm)}} E_{C.I.M.}^{(\pm)} / \sqrt{s}. \quad /14/$$

а для реакции /5/

$$k^{(\pm)} = \sum_{\pi(\pm)} E^{\text{lab. sys.}} / E_0 \quad /15/$$

Соответствующим образом нормированные распределения по множественности рожденных частиц при различных k для реакции /4/ представлены на рис. 3,4. Как видно, экспериментальные точки вполне удовлетворительно ложатся на одну и ту же кривую, более узкую, чем даваемая функцией ψ^* . Только при больших значениях

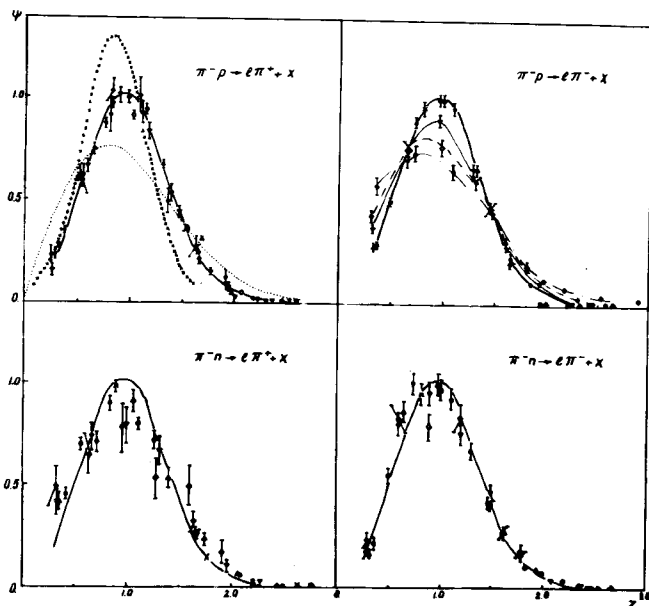


Рис. 3. Нормированные распределения по множественности рожденных частиц при различных значениях k :

$$\psi'(z) = \bar{n}(k) \frac{d\sigma_n}{dk} / \frac{d\sigma}{dk}, \quad z = \frac{n}{\bar{n}(k)},$$

сплошная кривая - проведена "на глаз", - функция ψ в выражении /11/, - функция ψ' в выражении /12/, Кривые —, —, —, — соединяют точки при k^- , соответственно равном .34, .41, .49.

* В pp -взаимодействиях изучалась полная множественность частиц, а в π^-N - и $\pi^-^{12}C$ - только множественность заряженных, поэтому ψ' уже, чем экспериментальная кривая.

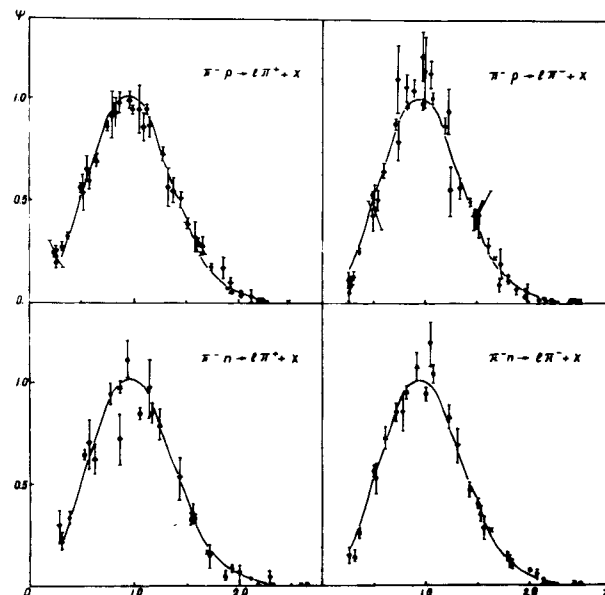


Рис. 4. То же, что и на рис. 3, но без учета "лидирующей" частицы, выделенной по критерию 1.

k^- ($k^- > 0,3$) в π^-p -взаимодействиях наблюдается довольно значительное отклонение от универсальной кривой, что проявляется в нерегулярном поведении зависимости дисперсии D от $\bar{n}(k)$ /рис. 5/. Эта нерегулярность проявляется также в поведении C_2' и C_3' .

Естественно предположить, что нарушение "частного" КНО-скейлинга связано с лидирующими частицами. Поэтому мы провели анализ, не учитывая заряженной "лидирующей" частицы, выделенной по одному из трех критериев /рис. 6/:

- 1/ "лидирующая" частица - частица с максимальной энергией в системе центра масс /с.д.м./;
- 2/ "лидирующая" частица - частица с минимальным углом отклонения θ от направления первичной частицы;
- 3/ "лидирующая" частица - частица с минимальной инвариантной передачей t .

Как видно, нерегулярность становится менее выраженной, но все же остается. Это может быть обусловлено

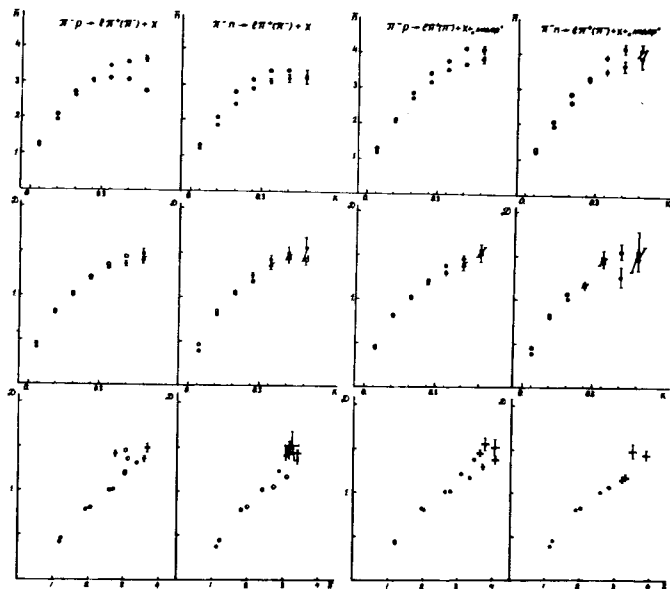


Рис. 5. Зависимости $\bar{n}(k)$, $D(k)$ и $D(\bar{n}(k))$ без выделения "лидирующей" частицы и с выделенной частицей по критерию I. Черные точки - для π^+ -мезонов, светлые - для π^- -мезонов.

или тем, что ни один из критериев не выделяет достаточно четко лидирующую частицу, или же тем, что нарушение вызвано другими причинами. Выяснение природы такого нарушения очень важно для понимания π^- ^{12}C -взаимодействий, где оно также имеет место, но только нарушение связано с π^+ -мезонами. Результат выделения "лидирующей" частицы в этой реакции представлен на рис. 7. Здесь удаление "лидирующей" частицы улучшает выполнение "частного" КНО-скейлинга. Отметим, что в лабораторной системе для π^- p -взаимодействий не отмечается подобной нерегулярности, а C'_2 и C'_3 , как говорилось выше, довольно постоянны /рис. 8/. Изменение характеристик вызвано тем, что мы используем инвариантную величину k, при этом при переходе из одной системы в другую происходит перераспределение событий, затушевывающее нарушение "частичного" КНО-скейлинга.

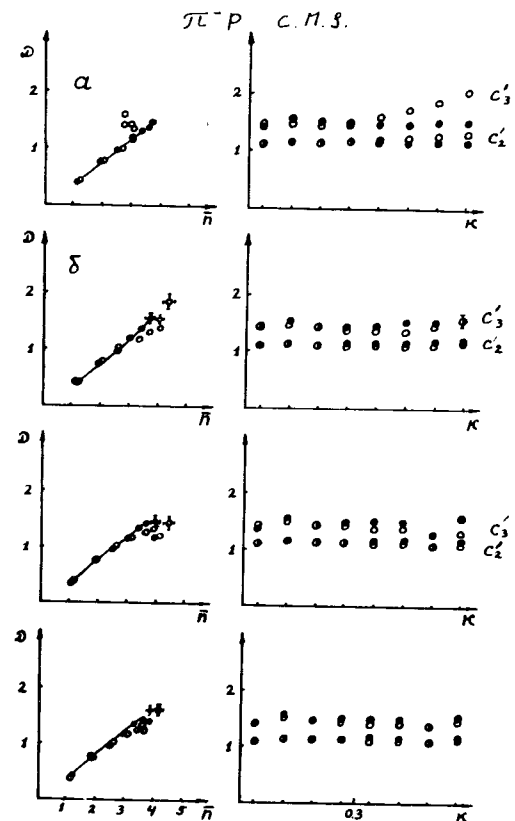


Рис. 6. Зависимости $D(\bar{n}(k))$ и $C'_2(k)$, $C'_3(k)$ без выделения "лидирующей" частицы (а) и с выделенной частицей по критериям I - /б/, II - /в/, III - /г/. Для наглядности черные точки для π^+ -мезонов соединены непрерывной кривой в порядке увеличения k.

Не вдаваясь в подробный анализ теоретических моделей, заметим, что относительно его выполнения могут быть получены различные предсказания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рассмотренных нами адрон-адронных и адрон-ядерных реакциях имеет место подобие распределений по

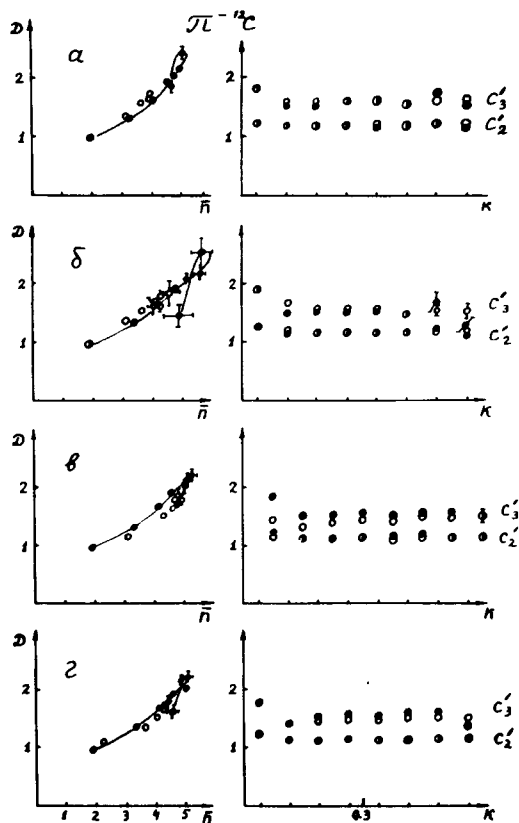


Рис. 7. То же, что и на рис. 6, но для $\pi^- 12\text{C}$ -взаимодействий. Критерии выделения "лидирующей" частицы аналогичны таким же для $\pi^- p$ -взаимодействий.

множественности рожденных частиц при различных коэффициентах неупругости /"частный" КНО-скейлинг/. Нарушение этого скейлинга в $\pi^- N$ - и $\pi^- 12\text{C}$ -взаимодействиях при $k > 0,3$ в значительной степени обусловлено "лидирующими" частицами.

Авторам приятно поблагодарить В.Г.Гришина, В.Б.Любимова, А.В.Тарасова, К.Г.Гуламова, Б.З.Копелновича, Н.Ангелова за содействие в выполнении этой работы и обсуждения.

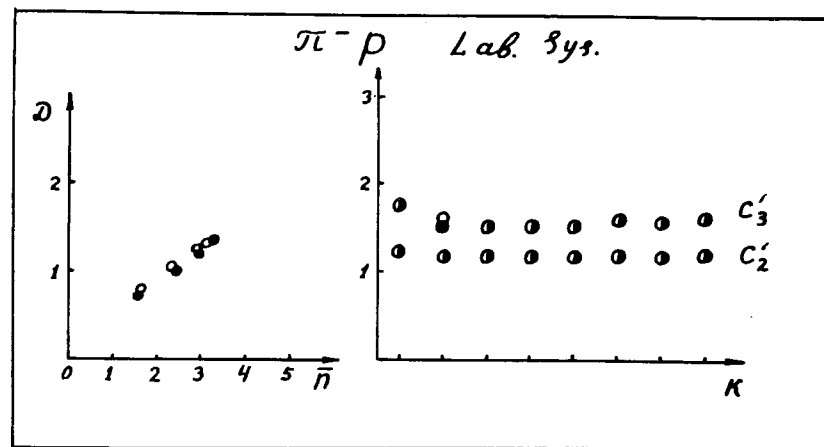


Рис. 8. Зависимости $D(n)$ и $C'_2(k)$, $C'_3(k)$ для $\pi^- p$ -взаимодействий в лабораторной системе. Обозначения те же, что и на предыдущих рисунках.

ЛИТЕРАТУРА

1. Barshay S. et al. *Phys. Rev.Lett.*, 1974, 32, p.1390.
2. Clifford T.S. et al. *Phys. Rev.Lett.*, 1974, 33, p.1239.
3. Абесалашвили Л.Н. и др. *ЯФ*, 1976, 24, с.1189.
4. Абесалашвили Л.Н. и др. *ОИЯИ*, P1-10566, Дубна, 1977.
5. Amaglobeli N.S. et al. *JINR*, E1-11534, Dubna, 1978.
6. Матвеев В.А., Сисакян А.Н., Слеченко Л.А. *ОИЯИ*, P2-8670, Дубна, 1970.
7. Жирков Л.Ф., Кокоулина Е.С., Кувшинов В.И. *ЯФ*, 1976, 24, с.170; Жирков Л.Ф., Кувшинов В.И. *Материалы Международного совещания "Процессы множественного рождения и инклюзивные реакции при высоких энергиях"*. Серпухов, 1977, с. 416.
8. Boggild H. et al. *Preprint NBI-HE-75-1*, 1975.
9. Balea O. et al. *Phys.Lett.*, 1972, 39B, p.571.
10. Ангелов Н. и др. *ОИЯИ*, P1-9792, Дубна, 1976.
11. Koba Z., Nielson H.V., Olesen P. *Nucl. Phys.*, 1972, B40, p.317.
12. Шошиашвили Ш.С. *ОИЯИ*, P1-10209, Дубна, 1977. Амаглобели Н.С. и др. *ЯФ*, 1977, 25, с.335.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 декабря 1978 года.