

С 346

1 - 3791

Z-136

Б. Чадраа

ОБРАЗОВАНИЕ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ
 π^- -МЕЗОНАМИ С ИМПУЛЬСОМ 4 ГЭВ/С

Специальность № 40 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной
степени кандидата физико-математических наук

Б.Чадраа

ОБРАЗОВАНИЕ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ
 π -МЕЗОНАМИ С ИМПУЛЬСОМ 4 ГЭВ/С

Специальность № 40 - экспериментальная физика

Автореферат диссертации на соискание учёной
 степени кандидата физико-математических наук

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований

Научные руководители:

кандидат физико-математических наук Б.П.Банник
 кандидат физико-математических наук А.А.Кузнецов

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук В.С.Барашенков
 кандидат физико-математических наук В.А.Шебанов

Ведущее предприятие: Лаборатория ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований

Автореферат разослан " " 1968 г.

Защита диссертации состоится " " 1968 г. на заседании

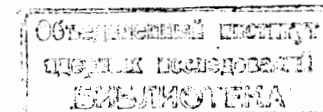
Учёного совета Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований г.Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Объединенного института ядерных исследований

Учёный секретарь ЛВЭ

А.А.Кузнецов

5298 бф.



Изучение свойств и механизма рождения странных частиц является одной из интереснейших проблем физики элементарных частиц.

В последние годы удалось довольно много узнать о механизме рождения нейтральных и заряженных странных частиц (Λ^0 , K^{\pm} , Σ^{\pm} , Ξ^0 , Ω^-) /1-3/. Однако большинство сделанных работ было выполнено при относительно низких энергиях. Например, изучение рождения странных частиц в π^-p -взаимодействиях проводилось в основном при энергиях около 1 Гэв. Кроме того, имеющиеся данные о рождении $\Lambda^0 K^-$ и $K^+ K^-$ -пар, особенно в области высоких энергий, не точны и не полны и поэтому не позволяют провести подробный теоретический анализ. В связи с этим дальнейшее накопление экспериментальных данных об образовании странных частиц, более глубокое изучение различных деталей процесса их рождения и увеличение точности измерений являются в настоящее время важной задачей.

В основу диссертации положены работы, целью которых являлось изучение процессов образования странных частиц в π^-p -взаимодействиях при импульсе 4,0 Гэв/с. Результаты этих работ были опубликованы в статьях/5-10,12-18/ и докладывались на международных конференциях по физике высоких энергий (Дубна, 1964 г., Беркли (США) 1966 г., Гейдельберг (ФРГ) 1967 г.).

Диссертация состоит из четырех глав.

В первой главе описываются техника эксперимента и методы обработки экспериментальных данных.

В работе были использованы фотографии, полученные с помощью 24-литровой пропановой камеры Лаборатории высоких энергий ОИЯИ/4/, помещенной в магнитное поле с напряженностью 14400 э. Камера была облучена пучком π^- -мезонов с импульсом (4.00 ± 0.06) Гэв/с. Всего было использовано 228,000 фотографий. В процессе работы был проведен подробный анализ способа определения эффективности просмотра и метода отбора π^-p -взаимодействий/5-6/. Большое внимание уделялось анализу ошибок измерений кинематических параметров изучаемых событий. Наиболее вероятное значение ошибки измерения импульса оказалось равным 10%, ошибки измерения угла - $6'-8'$. Применяемые методы определения кинематических параметров обеспечили точность измерений, достаточно высокую для решения ряда физических задач.

В диссертации подробно изучаются вопросы идентификации заряженных частиц/7/. Детально исследован, в частности, метод идентификации по ионизации и импульсу. Оказалось, что этим методом можно разделить π^+ -мезоны и протоны при импульсах до 1,1 Гэв/с, а π^\pm -мезоны и K^\pm -мезоны - до 0,8 Гэв/с.

Результаты ионизационных измерений можно было использовать для оценки величины релятивистского подъема ионизации. Оказалось, что для π^- -мезонов с импульсом 4 Гэв/с величина релятивистского подъема ионизации меньше 14%/7/.

При идентификации распадов нейтральных странных частиц использовалась визуальная картина распада, данные измерений ионизации, энергия δ - электронов на следах вторичных частиц, а также соотношение пробег-энергия. Важнейшее значение при идентификации имело применение метода χ^2 . На рис. 1 показано распределение χ^2 для Λ^0 -частиц и K^0 -мезонов, которые были идентифицированы независимо от величины χ^2 по типу положительно заряженной частицы.

Для того чтобы обосновать применение метода χ^2 подробно рассматривались роль ошибок измерений, вид распределения χ^2 фоновых гипотез, разделение неоднозначно идентифицированных событий и др.

Совместное использование различных способов разделения V^0 -событий позволило однозначно идентифицировать около 85% случаев.

Во второй главе диссертации изложены результаты экспериментов по определению сечений образования странных частиц. Для определения сечений всего было использовано 1693 случая π^-p -взаимодействий с рождением V^0 -частиц.

В таблице I представлено распределение этих случаев по их типам и числу лучей в звезде. Полученные эффективные сечения рождения $\Lambda^0 K^-$ и $K^+ K^-$ -пар приведены в таблице II. Измеренное сечение рождения нейтральных странных частиц (Λ^0, Σ^0, K^0) равно $(1,64 \pm 0,13)$ мб. При некоторых предположениях можно было получить полное сечение образования странных частиц. Оно оказалось равным $(2,03 \pm 0,23)$ мб.

Экспериментальные данные о сечениях рождения странных частиц были сопоставлены с результатами аналогичных экспериментов при других энергиях. Полученная зависимость сечений от энергии сравнивалась с рассчитанной по модели статистической унитарно-симметричной теории множественного рождения/11/. При этом обнаружилось, что расчёт удовлетворительно согласуется с экспериментом.

Во второй главе диссертации приводятся также результаты исследования генерации каскадных Ξ^- -гиперонов в π^-N -взаимодействиях/12/. В результате измерений было определено сечение генерации каскадных Ξ^- -гиперонов на нуклоне. Оно оказалось равным $(1,5^{+0,7}_{-0,6})$ мкб.

Сравнение полученного результата с аналогичными данными при других энергиях показало, что сечение образования Ξ^- -гиперонов, начиная от порога образования, изменяется, по-видимому, монотонно (см. рис. 2).

В третьей главе исследуются импульсные и угловые характеристики вторичных частиц, образующихся в реакциях

$$\pi^- + p \rightarrow \Lambda^0 + K + n \pi \quad (1)$$

$$\pi^- + p \rightarrow K^0 + K + N + n \pi. \quad (2)$$

Экспериментальные импульсные распределения Λ^0 -частиц сравнивались с рассчитанными по статистической теории и по модели периферического взаимодействия (ОРЕ)/13/.

В модели ОРЕ рассматривались диаграммы, приведенные на рис. 3. В результате сравнения расчёта с экспериментом выяснилось, что при описании образования ΛK -пар более предпочтительными являются диаграммы, у которых обменной частью служит K -мезон (рис. 3б).

При измерениях установлено, что средние поперечные импульсы вторичных частиц \bar{P}_\perp в пределах ошибок не изменяются, во всяком случае они слабо зависят от множественности и первичной энергии (см. табл. III). Распределения поперечных импульсов достаточно хорошо описываются выражением вида

$$W(P_\perp, \bar{P}_\perp) = \frac{2 P_\perp}{\bar{P}_\perp} e^{-\frac{P_\perp^2}{\bar{P}_\perp^2}} \quad (3)$$

Из таблицы III можно видеть, что средний поперечный импульс вторичной частицы зависит от ее массы. Одним из возможных объяснений этой зависимости считается образование частиц через промежуточные состояния. Если же исходить из соображений о структуре, то можно думать, что образование тяжелых частиц, по-видимому, связано с меньшими пространственными областями, чем образование π -мезонов. Используя полученные экспериментальные данные, можно оценить размеры области взаимодействия: $(r^2)^{1/2} = (0,46 \pm 0,02) \cdot 10^{-13}$ см.

Были изучены распределения продольных импульсов Λ^0 -гиперонов K^0 - и π^- -мезонов в с.д.м. Из этих распределений следовало, что образовавшиеся Λ^0 -гипероны вылетают в основном с большими продольными импульсами в заднюю полусферу, а K - и π -мезоны - с меньшими импульсами - вперед.

Используя экспериментальные данные о продольном и поперечном импульсах Λ^0 -гиперонов, можно установить, что отношение дисперсий продольного и поперечного импульсов согласуется с величиной лоренцовского сжатия области взаимодействия/18/. Этот результат может служить некоторым указанием на сохранение сокращенного размера области взаимодействия в процессе столкновения π^- -мезона с протоном.

Изучение углового распределения Λ^0 -гиперонов показало, что в основной своей части оно может быть описано экспоненциальным законом $\approx \exp(-b_{\text{о.о.}} \theta \cdot \cos \theta)$ аналогично упругому рассеянию. В угловом распределении Λ^0 -гиперонов, образованных в реакции (1) при $m=0$, наблюдались 2 случая, когда угол вылета частицы был близок к 0° . Верхнее значение соответствующего процесса равно $(2,08 \pm 1,62)$ мкб/14/.

Интересные особенности $\pi^- p$ -взаимодействия с образованием странных частиц обнаружены при изучении двумерного распределения продольного и поперечного импульсов/14/. С помощью этого распределения наблюдалась корреляция между продольными и поперечными импульсами π -мезонов. На рис. 4 приведены средние поперечные импульсы π -мезонов для различных интервалов продольных импульсов. Аналогичная корреляция наблюдалась также и у K^0 -мезонов.

В диссертации обсуждаются возможные причины существования корреляции между продольными и поперечными импульсами в с.д.м.

При изучении импульсных и угловых характеристик вторичных частиц желательно было извлечь данные относительно двух типов $\pi^- p$ -взаимодействия/15/. С этой целью, в частности, было построено распределение переданного 4-импульса. В этом

распределении два максимума, соответствующие двум типам взаимодействия, проявились вполне определенно. С другой стороны, в импульсном распределении такая картина не наблюдалась. Однако вся совокупность импульсных и угловых распределений дает основание считать, что при импульсе 4 Гэв/с имеется указание на два типа взаимодействия.

Четвертая глава диссертации посвящена поискам странных резонансов, продукты распада которых в конечном итоге проявляются в виде нейтральных странных частиц и γ -квантов. В результате измерений было получено распределение эффективной массы для 263 комбинаций K^0 -мезонов и γ -квантов (рис. 5). Это распределение в общем хорошо описывается фазовой кривой. Однако в интервале эффективных масс $0,70 \leq M_{K\gamma} \leq 0,725$ Гэв наблюдается некоторое отклонение, выходящее за пределы двукратной ошибки. Если этому отклонению придавать значение, то оно может свидетельствовать о существовании резонанса в системе K^0_η с массой около 1,05 Гэв или в системе K^0_ω с массой около 0,71 Гэв.

Было построено также распределение эффективных масс $M_{K^0\gamma}$. При этом использовалась статистика в два раза большая, чем в ранее опубликованной работе [16, 17]. Полученное распределение хорошо согласуется с результатом предыдущей работы. Это может служить подтверждением существования Λ_γ -аномалии, наиболее вероятным объяснением которой может служить Λ_η -резонанс.

Основные результаты и выводы, полученные в диссертации.

1. Подробно изучены вопросы идентификации распадов нейтральных странных частиц с помощью метода χ^2 . Показано, что этот метод существенно помогает выделить правильную гипотезу.

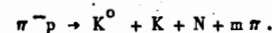
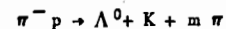
Проведен детальный анализ идентификации заряженных частиц, в частности, методом ионизация-импульс. Этим методом можно разделить π^+ -мезоны и протоны при импульсах до 1,1 Гэв/с, а π^\pm -мезоны и K^\pm -мезоны - до 0,8 Гэв/с. Была оценена ве-

личина релятивистского подъема ионизации π^- -мезонов с импульсом 4 Гэв/с. Она оказалась меньше 14%.

2. Измерены эффективные сечения рождения $\Lambda^0 K$, $K \bar{K}$ -пар. Полное сечение рождения нейтральных странных частиц равно $\sigma = (1,64 \pm 0,13)$ мб. Определено полное сечение рождения странных частиц.

3. Измерено сечение генерации каскадных Ξ^- -гиперонов на нуклоне $\sigma_{\Xi^-} = (1,5^{+0,7}_{-0,6})$ мкб.

4. Исследованы импульсные и угловые характеристики вторичных частиц в реакциях



При изучении импульсных распределений установлен преобладающий вклад диаграмм с обменом K -мезоном; подтверждена зависимость среднего поперечного импульса вторичной частицы от ее массы; оценены размеры области взаимодействия $(\bar{r}^2)^{1/2} = (0,46 \pm 0,02) \cdot 10^{-13}$ см; получено указание на сохранение лоренцовски сокращенного размера области взаимодействия при столкновении π^- -мезонов с протонами.

С помощью двумерного распределения продольного и поперечного импульсов наблюдалась корреляция между этими величинами.

5. Были изучены распределения эффективных масс систем $K^0\gamma$ и Λ_γ с целью получить сведения о новых резонансах.

Л и т е р а т у р а

1. M.I. Soloviev. Proc. of the 1960 Intern. Conf. on High-Energy Physics at Rochester. 388 1960.
2. D.H. Miller. XII Intern. Conf. on High-Energy Phys., 1, 737 (1966).
3. O. Goussu, M. Sene, B. Chidini, S. Mongelli, A. Romano, P. Waloschek, and Alles-Borelli. Nuovo Cim., 42, 606 (1966).
4. Ван Ган-чан, М.И. Соловьев, Ю.Н. Шкобин. ПТЭ 1, 41 (1959).
5. Б.П. Банник, А.А. Кузнецов, Н.Н. Мельникова, Б. Чадраа. Препринт ОИЯИ 1-3096, Дубна 1966.
6. М.Р. Атаян, Ж.К. Карамян, А.А. Кузнецов, Н.Н. Мельникова, Б. Чадраа. Препринт ОИЯИ 1-3779, Дубна 1968.
7. Б.П. Банник, Ким Хи Ин, А.А. Кузнецов, Н.Н. Мельникова, Б. Чадраа. Препринт ОИЯИ 2617, Дубна 1966.
8. Б.П. Банник, Ким Хи Ин, А.А. Кузнецов, Н.Н. Мельникова, Б. Чадраа. Препринт ОИЯИ Б1-13-528, Дубна 1967.
9. Б.П. Банник, А.А. Кузнецов, Ким Хи Ин, Н.Н. Мельникова, Б. Чадраа. Препринт ОИЯИ 1-3682, Дубна 1968.
10. E.G. Bubelev, B. Chadraa, Kim Hi In, A.A. Kuznetsov, N.N. Melnikova, G.L. Rezvaya, V. Boldea, S. Felea, A. Mihul, D. Mumuianu, T. Ponta. Proc. of the XIII Intern. Conf. on High-Energy Phys. 317, 1966.
11. В.С. Барашенков, Н.М. Зиновьев, В.М. Мальцев. Препринт ОИЯИ Р-23182, Дубна 1967.
12. М.Р. Атаян, Б.П. Банник, Н.Г. Григорян, Ж.К. Карамян, Ким Хи Ин, А.А. Кузнецов, Н.Н. Мельникова, Б. Чадраа, К. Кока, И. Макарович, А. Михул. Препринт Р1-3446, Дубна 1967. Ядерная физика 7, 349 (1968).
13. E.G. Bubelev, B. Chadraa, Kim Hi In, A.A. Kuznetsov, N.N. Melnikova, G.L. Rezvaya, V. Boldea, S. Felea, A. Mihul, D. Mumuianu, T. Ponta., Proc. of the XIII Intern. Conf. on High-Energy Phys., 321 1966.
14. B.P. Bannik, B. Chadraa, Kim Hi In, A.A. Kuznetsov, N.N. Melnikova, V. Boldea, S. Felea, A. Mihul, D. Mumuianu, T. Ponta. The Heidelberg Intern. Conf. on Elementary Particles., 508 (1967).
15. Б.П. Банник, Э.Г. Бубелев, Ким Хи Ин, А.А. Кузнецов, Н.Н. Мельникова, Г.Л. Резвая, Б. Чадраа, А. Михул, В. Балинт, Д. Мумуяну, Т. Тонта. XII Международная конференции по физике высоких энергий, 682 (1964).
16. B.P. Bannik, E.G. Bubelev, B. Chadraa, I.V. Chuvilo, Kim Hi In, G.L. Kopylov, A.A. Kuznetsov, N.N. Melnikova, G.L. Rezvaya, V. Boldea, S. Felea, A. Mihul, D. Mumuianu, K. Myklebost, T. Ponta. Препринт ОИЯИ Е-2858, Дубна 1966.
17. E.G. Bubelev, B. Chadraa, I.V. Chuvilo, Kim Hi In, G.L. Kopylov, A.A. Kuznetsov, N.N. Melnikova, G.L. Rezvaya, V. Boldea, S. Felea, A. Mihul, D. Mumuianu, K. Myklebost, T. Ponta. Phys. Letters 24, 246 (1967).
18. Б.П. Банник, А.А. Кузнецов, Н.Н. Мельникова, Б. Чадраа. Препринт ОИЯИ 1-3779, Дубна 1968.

Рукопись поступила в издательский отдел
8 апреля 1968 года.

Таблица I

Распределение событий по типу V° - частиц и по числу лучей в звезде.

| V° событие n_s | $\Lambda^{\circ} K^{\circ}$ | Λ° | $K^{\circ} \bar{K}^{\circ}$ | K° |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------|
| 0 | 53 | 227 | 34 | 195 |
| 2 | 49 | 493 | 21 | 454 |
| 4 | 8 | 87 | 2 | 59 |
| 0, 2, 4 | 110 | 807 | 57 | 708 |

Таблица II

Эффективные сечения 6

| Реакция ($m \geq 0$) | σ в мб | $\Delta\sigma$ в мб |
|---|---------------|---------------------|
| $\pi^- p \rightarrow K^0 \bar{K}^0 n$ ($m \pi^0$) | 0,14 | 0,03 |
| $\rightarrow K^0 \bar{K}^0 + \text{гп.}$ | 0,38 | 0,05 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0$ ($m \pi^0$) | 0,29 | 0,02 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 \pi^+ \pi^-$ ($m \pi^0$) | 0,20 | 0,03 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ ($m \pi^0$) | 0,04 | 0,01 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0$ | 0,52 | 0,04 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 + \text{гп.}$ | | |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 \pi^+ \pi^-$ ($m \pi^0$) | | |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 \pi^-$ ($m \pi^0$) | 0,51 | 0,03 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ ($m \pi^0$) | 0,09 | 0,01 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 \pi^- \pi^+ \pi^-$ ($m \pi^0$) | | |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0$ | 0,89 | 0,05 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 + \text{гп.}$ | | |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 + \text{гп.}$ | | |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 \pi^-$ ($m \pi^0$) | | |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 \pi^- \pi^+ \pi^-$ ($m \pi^0$) | 0,30 | 0,04 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^0 \pi^- \pi^+ \pi^-$ ($m \pi^0$) | 0,06 | 0,01 |
| $\rightarrow \Lambda^0(\Sigma^0) K^+ + \text{гп.}$ | 0,36 | 0,05 |
| $\rightarrow K^0 K^+ + \text{гп.}$ | 0,38 | 0,11 |
| $\rightarrow K^0 K^- + \text{гп.}$ | | |
| $\rightarrow K^0 \Sigma^+ + \text{гп.}$ | | |
| $\rightarrow K^0 \Sigma^- + \text{гп.}$ | | |

Таблица III

Средние характеристики вторичных частиц.

| | Вид частицы | Множ. рождения n , заряженных частиц | | |
|----------------------------------|---------------------------------|--|--|---|
| | | 0 | 2 | 4 |
| \bar{P}^* (Мэв/с) | Λ^0 | 839 \pm 17 | 723 \pm 12 | 709 \pm 35 |
| \bar{P}_\perp (Мэв/с) | Λ^0 K^0 π^- | 381 \pm 16 365 \pm 11 | 378 \pm 9 363 \pm 8 290 \pm 7 | 382 \pm 21 320 \pm 22 245 \pm 11 |
| \bar{P}_\parallel^* (Мэв/с) | Λ^0 K^0 π^- | -686 \pm 18 333 \pm 22 | -343 \pm 13 108 \pm 15 86 \pm 10 | -465 \pm 21 -129 \pm 25 5 \pm 1 |
| $\frac{\bar{n}}{\bar{n}}$ | Λ^0 K^0 π^- | -0,73 \pm 0,04 0,50 \pm 0,05 | -0,66 \pm 0,04 0,25 \pm 0,04 0,23 \pm 0,04 | -0,64 \pm 0,07 -0,12 \pm 0,01 0,11 \pm 0,02 |

\bar{P}^* , \bar{P}_\perp , \bar{P}_\parallel^* - средний полный, поперечный и продольный импульс в с.ц.м.

$\frac{\bar{n}}{\bar{n}} = \frac{N_+ - N_-}{N_+ + N_-}$, где N_+ и N_- - число частиц, вылетающих в переднюю и заднюю полусферу в с.ц.м.

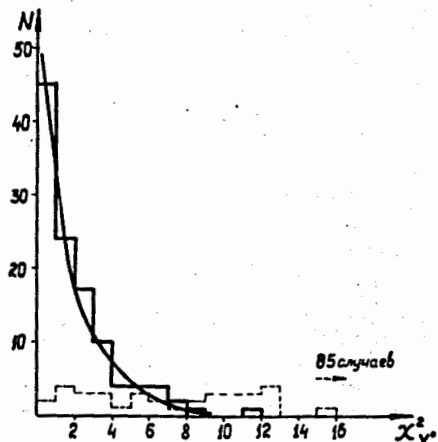


Рис. 1. Распределение χ^2 для V^0 -частиц, идентифицированных независимо от величины χ^2 : — истинная гипотеза; - - - фоновая гипотеза. Плавная кривая — теоретическое распределение для $\nu=2$.

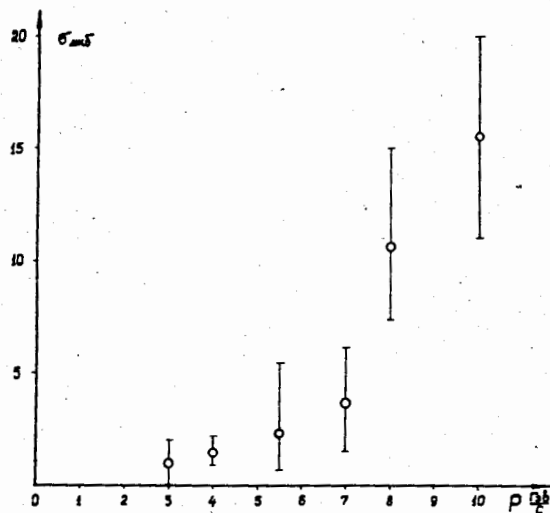


Рис. 2. Сечение рождения Ξ^- -гиперонов в π^-N -взаимодействиях в зависимости от импульса первичных пионов.

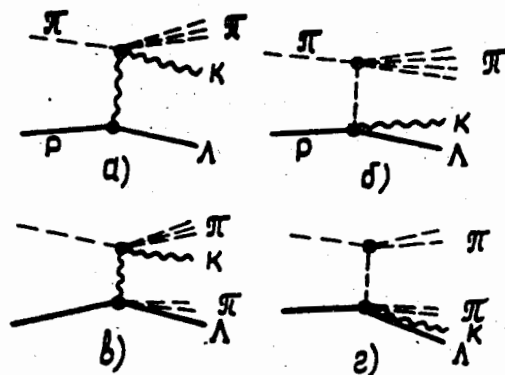


Рис. 3. Одномезонные диаграммы.

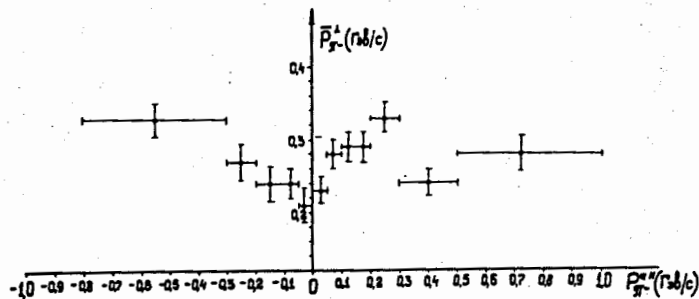


Рис. 4. Зависимость среднего поперечного импульса π^- -мезона от его продольного импульса.

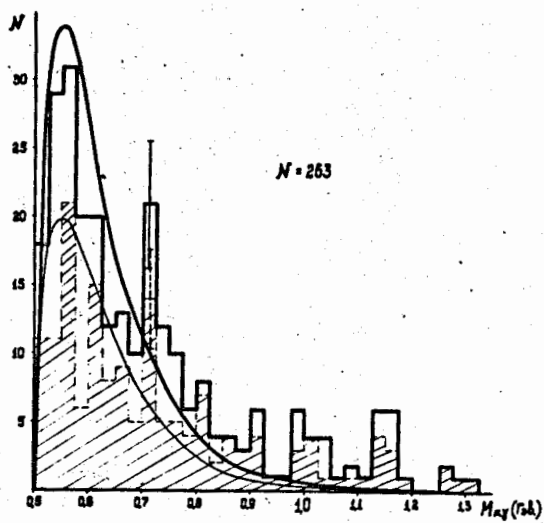


Рис. 5. Распределение эффективных масс $K\gamma$ - комбинаций.