

С 346

К-471

Е.Н.Кладницкая

1983

ОБРАЗОВАНИЕ  $\Lambda$ -ГИПЕРОНОВ И  $K^0$ -МЕЗОНОВ  
 $\pi^-$ -МЕЗОНАМИ НА ВОДОРОДЕ  
ПРИ ИМПУЛЬСАХ 7-8 ГЭВ /С

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель —  
академик

В.И.Векслер

Е.Н. Кладницкая

C 346  
K-471

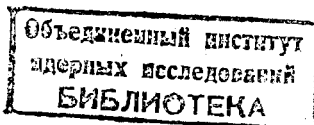
1983

ОБРАЗОВАНИЕ  $\Lambda$ -ГИПЕРОНОВ И  $K^0$ -МЕЗОНОВ  
 $\pi^-$ -МЕЗОНАМИ НА ВОДОРОДЕ  
ПРИ ИМПУЛЬСАХ 7-8 ГЭВ /С

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель —  
академик

В.И. Векслер



Дубна 1985

2570  
890

Одним из интересных и важных вопросов физики высоких энергий является исследование свойств гиперонов и  $K$ -мезонов и механизма их образования. Изучение этих вопросов дает материал для выяснения структуры сталкивающихся частиц и сил, действующих между ними. Эти данные могут быть использованы для построения последовательной теории сильных взаимодействий.

Гипероны и  $K$ -мезоны  $V$ -частицы были открыты при изучении взаимодействий космических лучей с веществом  $^{1-4/}$ . Однако широкие возможности для их исследования открылись лишь с созданием ускорителей на большие энергии и с появлением нового прибора для регистрации заряженных частиц - пузырьковой камеры. Первые работы по изучению  $V$ -частиц были посвящены определению их масс  $^{5-7/}$ , времен жизни  $^{8,7/}$ , типов распада  $^{8,7/}$ .

В работах, выполненных на ускорителях до начала обобщенных в реферируемой диссертации исследований (1959 г.), были изучены свойства  $\pi^-p$  взаимодействий с образованием гиперонов и  $K$ -мезонов при сравнительно низких, околопороговых энергиях  $^{8-12/}$ . Запуск синхрофазотрона Объединенного института ядерных исследований позволил нам продвинуться в область значительно более высоких энергий.

Целью работ, обобщенных в диссертации,  $^{13-19/}$  было получение возможно более широкой информации о процессах образования  $\Lambda K$  - и  $K\bar{K}$ -пар в  $\pi^-p$  соударениях при импульсах первичных частиц 7 - 8 Гэв/с. Для того, чтобы выяснить характерные особенности механизма генерации  $\Lambda$  - и  $K$  - частиц изучались импульсные и угловые распределения  $\Lambda$  -гиперонов и  $K$  -мезонов, а также образующихся вместе с ними  $\pi$  -мезонов. Экспериментальные результаты сравнивались с некоторыми существующими моделями генерации частиц при высоких энергиях.

Диссертация состоит из введения и пяти глав.

Во введении дан краткий обзор результатов по изучению гиперонов и  $K$ -мезонов, опубликованных к началу описываемых в диссертации работ. Результаты более поздних исследований других авторов обсуждаются в пятой главе.

В первой главе описаны экспериментальная техника и методы обработки изучаемых событий.

В работе использовались фотографии, полученные на 24-литровой пропановой пузырьковой камере Лаборатории высоких энергий  $^{20/}$ , помещенной в магнитное поле 13700 эрстед. Максимальная неоднородность магнитного поля составляла  $\pm 3\%$   $^{21/}$ . Ка-

мера была облучена пучком  $\pi^-$ -мезонов с импульсами 7-8 Гэв/с<sup>/22/</sup>. Всего было просмотрено 60000 фотографий. Эффективность двукратного просмотра для обнаружения  $\pi^-$ -р взаимодействий с образованием  $\Lambda^-$  и  $K^0$ -частиц была равной  $0,86 \pm 0,05$ , трехкратного -  $0,95 \pm 0,02$ <sup>/23/</sup>. Отобранные события измерялись на микроскопах УИМ-21 и обсчитывались на электронных счетных машинах. Дано подробное описание программ расчета геометрических и кинематических параметров событий<sup>/24-25/</sup> и программы идентификации  $V^0$ -частиц. Точность определения импульсов заряженных частиц в большинстве случаев составляла 10-12%, а среднеквадратичная ошибка в определении углов при длине треков более 5см была равна  $34'$ <sup>/23/</sup>.  $\Lambda^-$ -гипероны и  $K^0$ -мезоны идентифицировались по найденным геометрическим параметрам с помощью метода  $\chi^2$ . Для идентификации заряженных частиц использовались кинематические критерии, а в ряде случаев - данные по измерениям ионизации и энергии  $\delta$ -электронов.  $\pi^-$ -р взаимодействия с образованием  $\Lambda^-$  и  $K^0$ -частиц отбирались по обычным критериям<sup>/18/</sup>. Количество отобранных событий приведено в таблице 1.

В конце главы приведены поправки на вероятность регистрации  $\Lambda^-$ ;  $K^0$ -частиц и  $\gamma$ -квантов в эффективном объеме камеры<sup>/18/</sup>.

Вторая глава посвящена определению сечений  $\Lambda K^-$ ,  $K_1^0 K_1^0$  - и  $K^0 \bar{K}^-$  - пар в  $\pi^-$ -р взаимодействиях при импульсах 6,8 и 7,5 Гэв/с. Найденные значения сечений сведены в таблицу 2.

В этой же главе приводятся оценки числа  $\Lambda^-$ -гиперонов, образовавшихся вместе с  $K^0$ - или  $K^+$ -мезонами, а также числа  $K^0$ -мезонов, образовавшихся вместе с нейтральными или заряженными  $K^-$ -мезонами. Эти оценки сделаны по числу  $\Lambda K_1^0$  -,  $K_1^0 K_1^0$  - пар и одиночных  $\Lambda^-$  и  $K_1^0$ -частиц, зарегистрированных в эффективном объеме камеры<sup>/17/</sup>. На основании полученных результатов делается вывод, что в пределах ошибок число  $\Lambda K^0$ -пар равно числу  $\Lambda K^+$ -пар, а число пар  $K^0 \bar{K}^0$  равно сумме  $K^0 K^-$  и  $K^0 K^+$ - пар. Эти же данные позволяют оценить примесь  $K^+$  и  $K^-$ -мезонов среди заряженных частиц в изучаемых  $\pi^-$ -р взаимодействиях.

В третьей главе приведены результаты исследований по образованию  $\Lambda K^-$ -пар в реакциях типа

$$\pi^- + p \rightarrow \Lambda (\Sigma^0) + K^0 + m \pi, \quad m = 0, 1, \dots \quad (1)$$

$$\pi^- + p \rightarrow \Lambda (\Sigma^0) + K^+ + n \pi, \quad n = 1, 2, \dots \quad (2)$$

при импульсах падающих пионов 7-8 Гэв/с.

Среднее число заряженных и нейтральных пионов, сопровождающих образование  $\Lambda K^-$ -пар, оказалось равным

$$\begin{aligned} n_{\pi^+} &= 1,76 \pm 0,11, \\ n_{\pi^0} &= 1,28 \pm 0,14. \end{aligned}$$

Среднее число  $\pi^0$ -мезонов определено по числу  $\gamma$ -квантов, зарегистрированных в камере<sup>/19/</sup>; эффективность регистрации  $\gamma$ -квантов в среднем равна 10%.

В этой главе подробно исследованы также импульсные и угловые распределения  $\Lambda^-$ -гиперонов в системе центра масс<sup>/14-17/</sup> и распределения их по четырехмерному переданному импульсу  $\Delta$ <sup>/18/</sup> для звезд с различным числом заряженных частиц. Угловые распределения  $\Lambda^-$ -гиперонов резко асимметричны, отношение числа  $\Lambda^-$ -частиц, вылетающих вперед, к числу  $\Lambda^-$ -частиц, вылетающих назад, равно  $\approx 0,20$  (рис. 1).

Из импульсного спектра  $\Lambda^-$ -гиперонов в с.п.м., показанного на рис. 2, видно, что относительно большой вклад в суммарный спектр дают  $\Lambda^-$ -гипероны с импульсами выше 1,3 Гэв/с. Как показал анализ, этот вклад обусловлен  $\Lambda^-$ -частицами из звезд с малой множественностью заряженных частиц ( $n_s = 0; 2$ ).

Характер распределения  $\Lambda^-$ -гиперонов по поперечному импульсу не зависит от числа заряженных частиц, образовавшихся вместе с ними (рис. 3). Средние значения поперечных импульсов  $\Lambda^-$ -гиперонов для звезд с различным числом заряженных частиц практически одинаковы и составляют  $\approx 400$  Мэв/с.

Четырехмерные импульсы  $\Delta$ , переданные  $\Lambda^-$ -гиперону, распределены в широком интервале значений - от минимально возможных до 3 Гэв. Среднее значение  $\Delta$  равно  $1125 \pm 26$  Мэв. Доля событий с малыми  $\Delta$  уменьшается с увеличением числа заряженных частиц в звезде. Так,  $\Delta \leq 700$  Мэв имеет половина  $\Lambda^-$ -гиперонов из нольлучевых звезд, 26% из двух- и только 15%  $\Lambda^-$ -гиперонов - из четырехлучевых звезд.

Исследованы также импульсные и угловые распределения  $K^-$ <sup>/26,27/</sup> и  $\pi^-$ -мезонов<sup>/14-17/</sup>, образовавшихся вместе с  $\Lambda^-$ -гиперонами. В событиях малой множественности заряженных частиц ( $n_s = 0; 2$ )  $K^-$ -мезоны в с.п.м. вылетают преимущественно вперед. Отношение вперед-назад для  $K^0$ -мезонов равно  $2,1 \pm 0,5$ . Для четырехлучевых звезд распределение  $K^-$ -мезонов изотропно. Импульсные распределения  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов совпадают между собой. Средние значения импульсов пионов ( $\approx 480$  Мэв/с) существенно меньше среднего импульса  $\Lambda^-$  (858 Мэв/с) - и  $K^0$  (764 Мэв/с) - частиц. Угловое распределение  $\pi^-$ -мезонов в с.п.м. асимметрично, они вылетают преимущественно вперед. Коэффициент асимметрии равен  $1,50 \pm 0,15$ . Распределение  $\pi^+$ -мезонов в с.п.м. симметрично относительно плоскости  $\cos \theta^* = 0$ . Угловое распределение  $\pi^0$ -мезонов совпадает с соответствующим распределением  $\pi^-$ -мезонов; совпадают и средние значения импульсов нейтральных и заряженных пионов.

мера была облучена пучком  $\pi^-$ -мезонов с импульсами 7-8 Гэв/с<sup>/22/</sup>. Всего было просмотрено 60000 фотографий. Эффективность двукратного просмотра для обнаружения  $\pi^-p$  взаимодействий с образованием  $\Lambda$ - и  $K^0$ -частиц была равной  $0,86 \pm 0,05$ , трехкратного -  $0,95 \pm 0,02$ <sup>/23/</sup>. Отобранные события измерялись на микроскопах УИМ-21 и обсчитывались на электронных счетных машинах. Дано подробное описание программ расчета геометрических и кинематических параметров событий<sup>/24-25/</sup> и программы идентификации  $V^0$ -частиц. Точность определения импульсов заряженных частиц в большинстве случаев составляла 10-12%, а среднеквадратичная ошибка в определении углов при длине треков более 5см была равна  $34'$ <sup>/23/</sup>.  $\Lambda$ -гипероны и  $K^0$ -мезоны идентифицировались по найденным геометрическим параметрам с помощью метода  $\chi^2$ . Для идентификации заряженных частиц использовались кинематические критерии, а в ряде случаев - данные по измерениям ионизации и энергии  $\delta$ -электронов.  $\pi^-p$  взаимодействия с образованием  $\Lambda$ - и  $K^0$ -частиц отбирались по обычным критериям<sup>/16/</sup>. Количество отобранных событий приведено в таблице 1.

В конце главы приведены поправки на вероятность регистрации  $\Lambda$ ;  $K^0$ -частиц и  $\gamma$ -квантов в эффективном объеме камеры<sup>/16/</sup>.

Вторая глава посвящена определению сечений  $\Lambda K^-$ ,  $K_1^0 K_1^0$ - и  $K^0 \bar{K}^0$ -пар в  $\pi^-p$  взаимодействиях при импульсах 6,8 и 7,5 Гэв/с. Найденные значения сечений сведены в таблицу 2.

В этой же главе приводятся оценки числа  $\Lambda$ -гиперонов, образовавшихся вместе с  $K^0$ - или  $K^+$ -мезонами, а также числа  $K^0$ -мезонов, образовавшихся вместе с нейтральными или заряженными  $K$ -мезонами. Эти оценки сделаны по числу  $\Lambda K_1^0$ -,  $K_1^0 K_1^0$ - пар и одиночных  $\Lambda$ - и  $K_1^0$ -частиц, зарегистрированных в эффективном объеме камеры<sup>/17/</sup>. На основании полученных результатов делается вывод, что в пределах ошибок число  $\Lambda K^0$ -пар равно числу  $\Lambda K^+$ -пар, а число пар  $K^0 \bar{K}^0$  равно сумме  $K^0 K^-$ - и  $K^0 K^+$ - пар. Эти же данные позволяют оценить примесь  $K^+$ - и  $K^-$ -мезонов среди заряженных частиц в изучаемых  $\pi^-p$  взаимодействиях.

В третьей главе приведены результаты исследований по образованию  $\Lambda K$ -пар в реакциях типа

$$\pi^+ + p \rightarrow \Lambda(\Sigma^0) + K^0 + n \pi, \quad n = 0, 1, \dots \quad (1)$$

$$\pi^+ + p \rightarrow \Lambda(\Sigma^0) + K^+ + n \pi, \quad n = 1, 2, \dots \quad (2)$$

при импульсах падающих пионов 7-8 Гэв/с.

Среднее число заряженных и нейтральных пионов, сопровождающих образование  $\Lambda K$ -пар, оказалось равным

$$\begin{aligned} \bar{n}_{\pi^+} &= 1,76 \pm 0,11, \\ \bar{n}_{\pi^0} &= 1,26 \pm 0,14. \end{aligned}$$

Среднее число  $\pi^0$ -мезонов определено по числу  $\gamma$ -квантов, зарегистрированных в камере<sup>/19/</sup>; эффективность регистрации  $\gamma$ -квантов в среднем равна 10%.

В этой главе подробно исследованы также импульсные и угловые распределения  $\Lambda$ -гиперонов в системе центра масс<sup>/14-17/</sup> и распределения их по четырехмерному переданному импульсу  $\Delta$ <sup>/18/</sup> для звезд с различным числом заряженных частиц. Угловые распределения  $\Lambda$ -гиперонов резко асимметричны, отношение числа  $\Lambda$ -частиц, вылетающих вперед, к числу  $\Lambda$ -частиц, вылетающих назад, равно  $\approx 0,20$  (рис. 1).

Из импульсного спектра  $\Lambda$ -гиперонов в с.п.м., показанного на рис. 2, видно, что относительно большой вклад в суммарный спектр дают  $\Lambda$ -гипероны с импульсами выше 1,3 Гэв/с. Как показал анализ, этот вклад обусловлен  $\Lambda$ -частицами из звезд с малой множественностью заряженных частиц ( $n_s = 0; 2$ ).

Характер распределения  $\Lambda$ -гиперонов по поперечному импульсу не зависит от числа заряженных частиц, образовавшихся вместе с ними (рис. 3). Средние значения поперечных импульсов  $\Lambda$ -гиперонов для звезд с различным числом заряженных частиц практически одинаковы и составляют  $\approx 400$  Мэв/с.

Четырехмерные импульсы  $\Delta$ , переданные  $\Lambda$ -гиперону, распределены в широком интервале значений - от минимально возможных до 3 Гэв. Среднее значение  $\Delta$  равно  $1125 \pm 26$  Мэв. Доля событий с малыми  $\Delta$  уменьшается с увеличением числа заряженных частиц в звезде. Так,  $\Delta \leq 700$  Мэв имеет половина  $\Lambda$ -гиперонов из нольлучевых звезд, 26% из двух- и только 15%  $\Lambda$ -гиперонов - из четырехлучевых звезд.

Исследованы также импульсные и угловые распределения  $K^-$ <sup>/26,27/</sup> и  $\pi^-$ -мезонов<sup>/14-17/</sup>, образовавшихся вместе с  $\Lambda$ -гиперонами. В событиях малой множественности заряженных частиц ( $n_s = 0; 2$ )  $K^-$ -мезоны в с.п.м. вылетают преимущественно вперед. Отношение вперед-назад для  $K^0$ -мезонов равно  $2,1 \pm 0,5$ . Для четырехлучевых звезд распределение  $K^-$ -мезонов изотропно. Импульсные распределения  $\pi^+$ - и  $\pi^-$ -мезонов совпадают между собой. Средние значения импульсов пионов ( $\approx 480$  Мэв/с) существенно меньше среднего импульса  $\Lambda$  (958 Мэв/с) - и  $K^0$  (764 Мэв/с) - частиц. Угловое распределение  $\pi^-$ -мезонов в с.п.м. асимметрично, они вылетают преимущественно вперед. Коэффициент асимметрии равен  $1,50 \pm 0,15$ . Распределение  $\pi^+$ -мезонов в с.п.м. симметрично относительно плоскости  $\cos \theta^* = 0$ . Угловое распределение  $\pi^0$ -мезонов совпадает с соответствующим распределением  $\pi^-$ -мезонов; совпадают и средние значения импульсов нейтральных и заряженных пионов.

На этом же статистическом материале изучалось образование резонансных состояний в системах  $\Lambda K$  /28/,  $\Lambda \pi$  /29/  $K \pi$  /27,30/ и  $\pi \pi$  /31/ -частиц. С учетом этих данных в диссертации получены импульсные и угловые распределения  $\Lambda$  -гиперонов,  $K$ - и  $\pi$  -мезонов, являющихся продуктами распада резонансных состояний  $\Lambda K$  (1700),  $Y^*$  (1385),  $K^*$  (888) <sup>x)</sup> и  $\rho$  -мезона. Проанализировано влияние этих резонансов на импульсные и угловые распределения  $\Lambda$  -,  $K$ - и  $\pi$ -частиц.

Средние значения параметров  $\Lambda$  -гиперонов приведены в таблице 3.

В четвертой главе содержатся данные по образованию  $K^0 \bar{K}^0$  -пар в реакциях типа

$$\pi^- + p \rightarrow K^0 + \bar{K}^0 + N + m \pi, \quad m = 0, 1, 2 \dots \quad (3)$$

$$\pi^- + p \rightarrow \bar{K}^0 + K^+ + N + m \pi, \quad m = 1, 2 \dots \quad (4)$$

$$\pi^+ + p \rightarrow K^0 + K^- + N + m \pi, \quad m = 0, 1, 2 \dots \quad (5)$$

Среднее число заряженных и нейтральных пионов на одно взаимодействие с образованием  $K^0 \bar{K}^0$  -пар найдено равным <sup>xx)</sup>

$$\begin{aligned} \bar{n}_{\pi^+} &= 2,28 \pm 0,81, \\ \bar{n}_{\pi^0} &= 0,92 \pm 0,13. \end{aligned}$$

В этой же главе приводятся угловые и импульсные распределения  $K^0$  -мезонов и заряженных частиц, образовавшихся вместе с  $K^0 \bar{K}^0$  -парой /15,17/. Суммарное угловое распределение  $K^0$ -мезонов асимметрично; большая часть их вылетает вперед в с.д.м. Асимметрия вперед-назад обусловлена  $K^0$ -мезонами из безлучевых и двухлучевых звезд (рис. 4). Импульсный спектр  $K^0$  -мезонов довольно мягкий - около половины этих частиц имеют импульс, не превышающий 600 Мэв/с (рис. 5). Средний поперечный импульс  $K^0$  -мезонов равен  $\approx 400$  Мэв/с. Средние характеристики  $K^0$  -мезонов приведены в таблице 4.

Для получения более полной картины  $\pi$ -р взаимодействий с образованием  $K^0 \bar{K}^0$  -пар изучались импульсные и угловые распределения пионов и неоднозначно идентифицированных частиц ( $\pi$  или  $p$ ), переведенных в с.д.м. как пионы и как протоны /15,17/. Угловые распределения и заряженных, и нейтральных пионов изотропны.

Рассматриваются также импульсные и угловые распределения идентифицированных протонов. Удалось идентифицировать только 20% протонов от полного числа протонов в реакциях (3-5). Представление об угловом распределении протонов из звезд с различной множественностью заряженных частиц получено на основе анализа угловых распределений  $K^0$ - и  $\pi$ -мезонов для соответствующих событий. Протоны в с.д.м. вылетают в большинстве случаев назад.

x)  $K^* \rightarrow K^+ + \pi^-$ .

xx) Предполагалось, что в реакциях с рождением  $K^0 \bar{K}^0$  -пар среднее число протонов равно среднему числу нейтронов.

Импульсные и угловые распределения  $K^0$ - и  $\pi$ -мезонов, являющихся продуктами распада резонансных состояний  $K^*(888)$  /30/,  $K^*(730)$  /30/ и  $A_1(1050)$  /30/ повторяют соответствующие суммарные распределения  $K$  -мезонов и пионов.

В пятой главе анализируются результаты, изложенные в предшествующих главах диссертации.

Выделена группа событий с малым переданным импульсом ( $\Delta \leq 700$  Мэв), в которой  $\Lambda$  -гипероны практически сохраняют направление и импульс протона в с.д.м. до его взаимодействия с  $\pi^-$ -мезоном. Характеристики таких  $\Lambda$  -гиперонов сопоставляются с результатами расчетов по модели периферических взаимодействий в одномезонном полюсном приближении. По диаграмме I рис. 6 проводились расчеты в предположении, что обмен осуществляется  $K$  -или  $K^*$ -мезонами. Если учесть резонансное  $K$ - $\pi$  взаимодействие в верхней вершине диаграммы I, то можно получить согласие расчетных данных с экспериментальными для выбранной группы событий /17/.

Следует отметить, что в работах /32,33/ с помощью нескольких диаграмм, приведенных на рис. 6, описан весь полученный нами спектр  $\Lambda$  -гиперонов. Авторы /33/ делают вывод, что основной вклад ( $\approx 50-70\%$ ) в спектр  $\Lambda$  -гиперонов вносит диаграмма I, причем, как это было найдено и нами /17/, высокоэнергетичная часть спектра полностью описывается этой диаграммой.

Импульсные и угловые распределения  $\Lambda$  -гиперонов из оставшейся группы событий ( $\Delta > 700$  Мэв) сравнивались с распределениями, рассчитанными с помощью статистической модели. Оказалось, что статистическая модель не согласуется с экспериментальными данными.

В этой же главе экспериментальные данные, полученные нами, сопоставляются с результатами аналогичных экспериментов при других энергиях /34-39/. Делается заключение, что  $\pi^-$ -р взаимодействия как с образованием  $\Lambda K$  -, так и с образованием  $K \bar{K}$  -пар, имеют одинаковый характер в интервале импульсов  $\pi^-$ -мезонов от 4,65 до 18 Гэв/с.

#### Основные результаты и выводы диссертации

1. Определены сечения генерации  $\Lambda K$  -пар,  $K^0 \bar{K}^0$ - и  $K^0 \bar{K}^0$  -пар  $\pi^-$ -мезонами на водороде. Сечение образования  $K \bar{K}$  -пар примерно в два раза больше сечения образования  $\Lambda K$  -пар.

2. Найдены средние множественности пионов в  $\pi^-$ -р взаимодействиях с рождением  $\Lambda K$  - и  $K^0 \bar{K}^0$  -пар. Вместе с  $\Lambda K$  -парой и с  $K^0 \bar{K}^0$  -парой в среднем образуется 3  $\pi$  -мезона.

3. Изучены импульсные и угловые распределения  $\Lambda$ -гиперонов,  $K^0$ - и  $\pi$ -мезонов в с.д.м. как для всех событий, так и для событий с различной множественностью заряженных частиц.  $\Lambda$ -гипероны вылетают в с.д.м. преимущественно назад. Эта асимметрия уравновешивается асимметрией противоположного знака  $K^-$  и  $\pi^-$ -мезонов. Угловое распределение  $\pi^+$ -мезонов симметрично относительно плоскости  $\cos \theta^* = 0$ .

4. Изучены распределения по переданному импульсу  $\Delta$ . Установлено, что около 30%  $\pi^-p$  соударений при импульсах 7-8 Гэв/с характеризуется относительно малым четырехмерным импульсом, передаваемым  $\Lambda$ -гиперону ( $\Delta \leq 700$  Мэв). В этих событиях  $\Lambda$ -гипероны практически сохраняют и направление, и импульс протона до его взаимодействия с  $\pi^-$ -мезоном.

5. Импульсные и угловые характеристики  $\Lambda$ -гиперонов из групп событий с  $\Delta < 700$  Мэв и  $\Delta > 700$  Мэв отличаются довольно сильно (см. таблицу 5), тогда как характеристики пионов менее чувствительны к этому разбиению.

6. Сделано заключение, что полученные экспериментальные результаты для группы событий с  $\Delta \leq 700$  Мэв могут быть качественно описаны на основе модели неупругих взаимодействий в одномезонном полюсном приближении с учетом резонансного  $\pi^-K$  взаимодействия.

7. Результаты расчетов по статистической модели не согласуются с экспериментальными данными ни для всех событий  $\Delta > 700$  Мэв, ни для части этих событий, которая дает изотропное угловое распределение  $\Lambda$ -гиперонов в с.д.м.

8. Исследованы импульсные и угловые распределения  $K^0$ -мезонов от  $K^0K^-$ -пар, а также импульсные и угловые распределения пионов и протонов, образовавшихся вместе с ними. Протоны в с.д.м. вылетают в основном назад, а  $K^0$ -мезоны - вперед. Угловые распределения  $\pi^-$ -мезонов изотропны.

9. Найдено, что примерно 15%  $\pi^-p$  взаимодействий, приводящих к образованию  $K^0K^-$ -пар, имеют  $\Delta \leq 600$  Мэв и, по-видимому, могут быть описаны с помощью модели неупругих взаимодействий в одномезонном полюсном приближении.

10. Определены средние поперечные импульсы  $\Lambda$ -гиперонов,  $K^0$ - и  $\pi^-$ -мезонов. Оказалось, что средние поперечные импульсы  $\Lambda$ - и  $K^-$ -частиц одинаковы ( $\approx 400$  Мэв/с) и больше средних поперечных импульсов заряженных пионов ( $\approx 320$  Мэв/с).

Основное содержание диссертации опубликовано в работах /13-19, 27, 28-31/.

Т а б л и ц а 1

$n_s$	$N_{\Lambda K_1^0}$	$N_{\Lambda}$	$N_{K_1^0 K_1^0}$	$N_{K_1^0}$
0	17	53	8	59
2	31	216	20	252
4	9	90	3	123
Все $n_s$	57	359	31	434

Т а б л и ц а 2

Сечения образования  $\Lambda K^-, K_1^0 K_1^-, K^0 K^-$  пар

$P_{\pi^-}$ (Гэв/с)	$\sigma_{\Lambda K}^i$ (мб)	$\sigma_{K_1^0 K_1^0}^i$ (мб)	$\sigma_{K^0 K^-}^i$ (мб)
6,8/14,16/	$0,8 \pm 0,25$	-	$1,2 \pm 0,3$
7,5	$0,98 \pm 0,11$	$0,2 \pm 0,05$	$1,51 \pm 0,24$

Средние значения для энергетических и угловых характеристик  $\Lambda$ -гиперонов

$n_s$	$\overline{P_{\Lambda}^*}$ (Мэв/с)	$\overline{T_{\Lambda}^*}$ (Мэв)	$\overline{\cos \theta_{\Lambda}^*}$	$\overline{P_{\Lambda}^{\parallel}}$ (Мэв/с)	$\overline{P_{\Lambda}^{\perp}}$ (Мэв/с)	$\overline{\Delta_{\Lambda}}$ (Мэв)
0	1203 ± 51	525 ± 38	-0,5814 ± 0,0701	-917 ± 83	412 ± 31	1088 ± 64
2	863 ± 25	358 ± 17	-0,6184 ± 0,0317	-693 ± 36	422 ± 15	1105 ± 32
4	781 ± 36	246 ± 21	-0,5019 ± 0,0543	-490 ± 51	388 ± 20	1253 ± 49
Все $n_s$	858 ± 20	361 ± 7	-0,5840 ± 0,0261	-681 ± 29	412 ± 11	1125 ± 26

 $P^*$  - импульс в с.п.м. $T^*$  - кинетическая энергия в с.п.м. $\theta^*$  - угол вылета частицы в с.п.м. $P_{\parallel}^*$  - продольный импульс в с.п.м. $P_{\perp}^*$  - поперечный импульс в с.п.м. $\Delta_{\Lambda}$  - переданный 4-импульс  $\Lambda$ -гиперону

Т а б л и ц а 4

Средние характеристики  $K^0$ -мезонов от  $K^0 K^-$  и  $\Lambda K^0$ -пар

$n_s$	$\overline{P_{K^0}^*}$ (Мэв/с)	$\overline{P_{K^-}^{\parallel}}$ (Мэв/с)	$\overline{P_{K^0}^{\perp}}$ (Мэв/с)
От $K^0 K^-$ пар			
0	908 ± 45	502 ± 68	491 ± 19
2	645 ± 24	161 ± 28	402 ± 12
4	502 ± 20	8 ± 30	374 ± 18
все $n_s$	657 ± 18	185 ± 23	411 ± 9
От $\Lambda K^0$ пар			
все $n_s$	764 ± 56	399 ± 63	407 ± 34

Т а б л и ц а 5

	$\Delta_{\Lambda} < 700$ Мэв/с	$\Delta_{\Lambda} > 700$ Мэв/с
$\overline{P_{\Lambda}^*}$ (Мэв/с)	1550 ± 76	781 ± 19
$\overline{P_{\Lambda}^{\parallel}}$ (Мэв/с)	295 ± 14	454 ± 18
$\overline{\cos \theta_{\Lambda}^*}$	-0,974 ± 0,006	-0,277 ± 0,040
$\overline{P_{\Lambda}^{\parallel}}$ (Мэв/с)	-1407 ± 140	-401 ± 20
$n_s$	1,8 ± 0,2	2,3 ± 0,2
$\overline{P_{\pi^-}^*}$ (Мэв/с)	414 ± 27	496 ± 19
$\overline{P_{\pi^-}^{\parallel}}$ (Мэв/с)	190 ± 32	85 ± 24
$\overline{P_{\pi^-}^{\perp}}$ (Мэв/с)	282 ± 20	340 ± 13
$\overline{P_{\pi^-}^*}$ (Мэв/с)	2,20 ± 0,51	1,35 ± 0,15



Л и т е р а т у р а

1. G.D.Rochester and C.C.Butler. *Nature*, **160**, 855 (1947).
2. R.Armenteros, K.H.Barker, C.C.Butler, A.Cachoe, A.H.Chapman. *Nature*, **167**, 501 (1951).
3. A.Bonetti, R.Levi-Setti, M.Panetti, G.Tomassini. *Nuovo Cimento*, **10**, 345 (1953).
4. C.M.Torik, R.E.Leighton, E.K.Bjornerund. *Phys. Rev.*, **90**, 167 (1953).
5. R.W.Thompson, A.V.Buskirk, L.R.Etter, C.T.Karzmark, and R.H.Rediker. *Phys. Rev.*, **90**, 1122 (1953).
6. Proc. of Six Annual Rochester Conference on High Energy, p. V-1, New York, 1956.
7. Proc. 1958 Annual Intern. Conf. on High Energy Physics at CERN, p. 270.
8. T.L.Brown, D.D.Glaser and M.L.Perl. *Phys. Rev.*, **108**, 1036 (1957).
9. S.Crawford, T.M.Cresti, M.L.Good, K.Gottstein, E.M.Lyman, F.T.Solmitz, M.L.Stevenson and H.T.Ticho. *Phys. Rev.*, **108**, 1102 (1957).
10. F.Eisler, R.Plano, A.Prodell et al. *Phys. Rev.*, **108**, 1353 (1957).
11. Eisler, F.R.Plano, A.Prodell et al. *Nuovo Cimento*, **10**, 468 (1958).
12. T.D.Lee, T.Steinberger, G.Feinberg, P.L.Kabir and C.N.Yang. *Phys. Rev.*, **106**, 1367 (1957).
13. Девятая международная конференция по физике высоких энергий, p. 331 (1958). Сообщение Дян Да-пао.
14. V.A.Belyakov, Wang Tso-tsiang, N.M.Viryasov, I.Vrana, Ding Da-tsaio, M.S.Jureva, V.G.Ivanov, Kim Hi In, E.N.Kladnitskaya, I.Klugov, A.A.Kuznetsov, A.Mihul, N.N.Melnikova, Nguen Dinh Tu, A.V.Nikitin, M.I.Soloviev, T.Hofmokl, Tshen Lin-yen, I.V.Chuvilo. Proc. 1960 Intern. Conf. on High Energy Physics at Rochester, p. 388, reported by M.I.Soloviev.
15. V.A.Belyakov, Wang Yung-chang, V.I.Veksler, N.M.Viryasov, I.Vrana, Du Yansai, Kim, Hi In, E.N.Kladnitskaya, A.A.Kuznetsov, A.Mihul, E.Mihul, Nguyen Dinh Tu, I.Patera, V.N.Penev, E.S.Sokolova, M.I.Soloviev, T.Hofmokl, Tshen Lin-yen, N.Schneeberger. Proc. 1962 Intern. Conf. on High Energy Physics at CERN, p. 252.
16. Ван Ган-чан, Ван Цу-цзэн, В.И.Векслер, И.Врана, Дян Да-пао, В.Г.Иванов, Е.Н.Кладницкая, А.А.Кузнецов, Нгуен Дин Ты, А.В.Никитин, М.И.Соловьев, Чен Лин-янь. Препринт ОИЯИ, Д-594, Дубна, 1960; ЖЭТФ, **40**, 464 (1961).
17. В.А.Беляков, Ван Юн-чан, В.И.Векслер, Н.М.Вирясов, И.Врана, Ду Юань-пай, Ким Хи Ин, Е.Н.Кладницкая, А.А.Кузнецов, А.Михул, Э.Михул, Нгуен Дин Ты, И.Патера, В.Н.Пенев, Е.С.Соколова, М.И.Соловьев, Т.Хофмокль, Чен Лин-янь. Препринт ОИЯИ, Д-1105, Дубна, 1962; ЖЭТФ, **44**, 431 (1963).
18. В.И.Векслер, И.Врана, Е.Н.Кладницкая, А.А.Кузнецов, А.К.Михул, Э.К.Михул, Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев, М.И.Соловьев, Т.Хофмокль, Чен Лин-янь. Препринт ОИЯИ, Д-806, Дубна, 1961.
19. В.А.Беляков, Ван Юн-чан, Н.М.Вирясов, Ду Юань-пай, Ким Хи Ин, Е.Н.Кладницкая, А.А.Кузнецов, Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев, Е.С.Соколова, М.И.Соловьев. Препринт ОИЯИ, Р-1138, Дубна, 1962; ЖЭТФ, **44**, 1474 (1963).
20. Ван Ган-чан, М.И.Соловьев, Ю.Н.Шкобин. ПТЭ, **1**, 41 (1959).
21. Ван Ган-чан, Ван Цу-цзэн, Дян Да-пао, Е.Н.Кладницкая, Нгуен Дин Ты, А.В.Никитин, М.И.Соловьев. ОИЯИ, Б-2-829, Дубна, 1958.
22. Wang Tso-tsiang, Ding Da-tsaio, V.G.Ivanov, E.N.Kladnitskaya, Nguyen Dinh Tu, I.S.Sajtov, M.I.Soloviev, and M.D.Shafranov. Intern. Conf. on High Energy Accelerators and Instrumentation CERN (1959), p. 412.
23. В.И.Векслер, Н.М.Вирясов, И.Врана, Ким Хи Ин, Е.Н.Кладницкая, А.А.Кузнецов, Нгуен Дин Ты, М.И.Соловьев, Т.Хофмокль. ОИЯИ, Б-2-1133, Дубна (1961); ЖЭТФ, **44**, 84 (1963).
24. Ван Ган-чан, Ван Цу-цзэн, Дян Да-пао, Е.Н.Кладницкая, М.И.Соловьев. Материалы совещания по камерам Вильсона, диффузионным и пузырьковым камерам, Р-284, вып. V, 101, Дубна, 1959.
25. Сообщение Е.Н.Кладницкой. Материалы совещания по методике пузырьковых камер. ОИЯИ, 796, 5, Дубна, 1961.
26. Ван Юн-чан, В.И.Векслер, Ду Юань-пай, Е.Н.Кладницкая, А.А.Кузнецов, А.Михул, Нгуен Дин Ты, В.Н.Пенев, Е.С.Соколова, М.И.Соловьев. ЖЭТФ, **43**, 815 (1962).
27. В.А.Беляков, Н.М.Вирясов, Е.Н.Кладницкая, В.Н.Пенев, Е.С.Соколова, М.И.Соловьев. Препринт ОИЯИ, Р-1586, 1963.
28. V.A.Belyakov, Wang Yung-chang, V.I.Veksler, N.M.Viryasov, Du Yuan-sai, E.N.Kladnitskaya, Kim Hi In, A.A.Kuznetsov, A.Mihul, Nguyen Dinh Tu, V.N.Penev, E.S.Sokolova and M.I.Soloviev. Proc. 1962 Intern. Conf. on High Energy Physics at CERN, - p. 336; Препринт ОИЯИ, Р-1019, Дубна, 1962.
29. В.А.Беляков, В.И.Векслер, Н.М.Вирясов, Е.Н.Кладницкая, Г.И.Копылов, В.Н.Пенев, М.И.Соловьев. Препринт ОИЯИ, Р-1807, Дубна, 1964.
30. В.А.Беляков, В.И.Векслер, Н.М.Вирясов, Е.Н.Кладницкая, Г.И.Копылов, В.Н.Пенев, М.И.Соловьев. Препринт ОИЯИ, Р-1808, Дубна, 1964.
31. В.А.Беляков, В.И.Векслер, Н.М.Вирясов, Е.Н.Кладницкая, Г.И.Копылов, А.Михул, В.Н.Пенев, Е.С.Соколова, М.И.Соловьев. Препринт ОИЯИ, Р-1508, Дубна, 1964; ЖЭТФ, **46**, 1967 (1964).
32. В.С.Барашенков, Д.И.Блохинцев, Э.К.Михул, И.Патера, Г.Л.Семашко. Препринт ОИЯИ, Р-1245, Дубна, 1962; ЖЭТФ, **45**, 381 (1963).
33. V.S.Barashenkov and D.I.Blokhintsev. Proc. of the Intern. Conf. at Stanford University. 1963, p. 259.
34. L.Bertanza, B.B.Culwick, R.W.Lai, I.S.Mitra, N.P.Samios, A.M.Thorndike, S.S.Yamamoto, R.M.Lea. *Phys. Rev.*, **130**, 786 (1963).
35. Hotz UCRL -8715, Berkeley (1959).
36. H.H.Bingham, M.Bloch, D.Drijard et al. Proc. 1962 Intern. Conf. on High Energy Physics at CERN, p. 240.
37. A.Bigi, S.Brandt, R.Carrara, W.A.Cooper, A.Marco, G.R.Macleod, Ch.Peyrou, R.Sosnowski, A.Wróblewski. Proc. 1962 Intern. Conf. on High Energy Physics at CERN, p. 247; *Nuovo Cimento*, **33**, 1249, 1265 (1964).

38. T.Ferbel and H.Taft. *Nuovo Cimento*, **28**, 1214 (1963).  
 39. T.Bartke, R.Budde, W.D.Cooper, H.Filthuth et al. Proc. 1960 Intern. Conf. on High Energy Physics, at Rochester, p. 402; *Nuovo Cimento*, **24**, 876 (1962).

Рукопись поступила в издательский отдел  
2 февраля 1965 г.

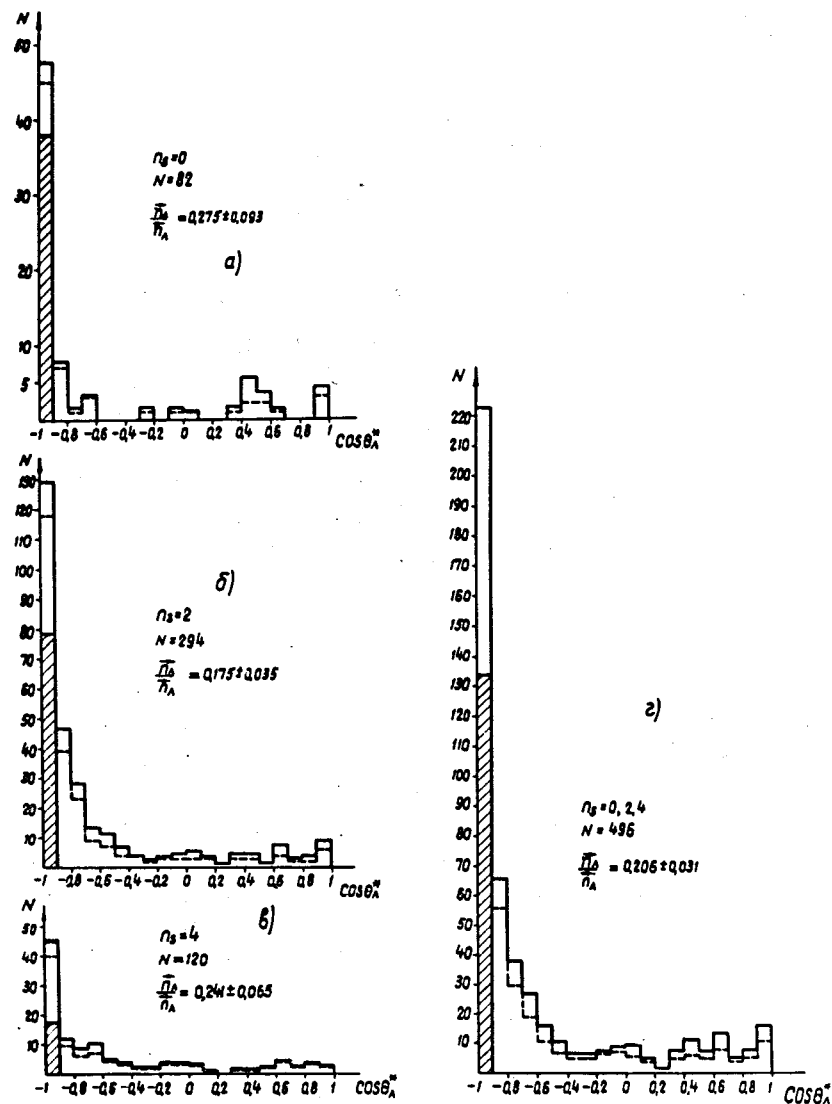


Рис. 1. Угловые распределения  $\Lambda$ -гиперонов в с.ц.м.  
 а) Для безлучевых звезд, б) для двухлучевых звезд, в) для четырехлучевых звезд, г) суммарное. Заштрихованные области относятся к случаям с  $\Delta \leq 700$  Мэв. Пунктирной линией обозначены распределения без поправки на вероятность регистрации  $\Lambda$ -гиперонов в эффективном объеме камеры.

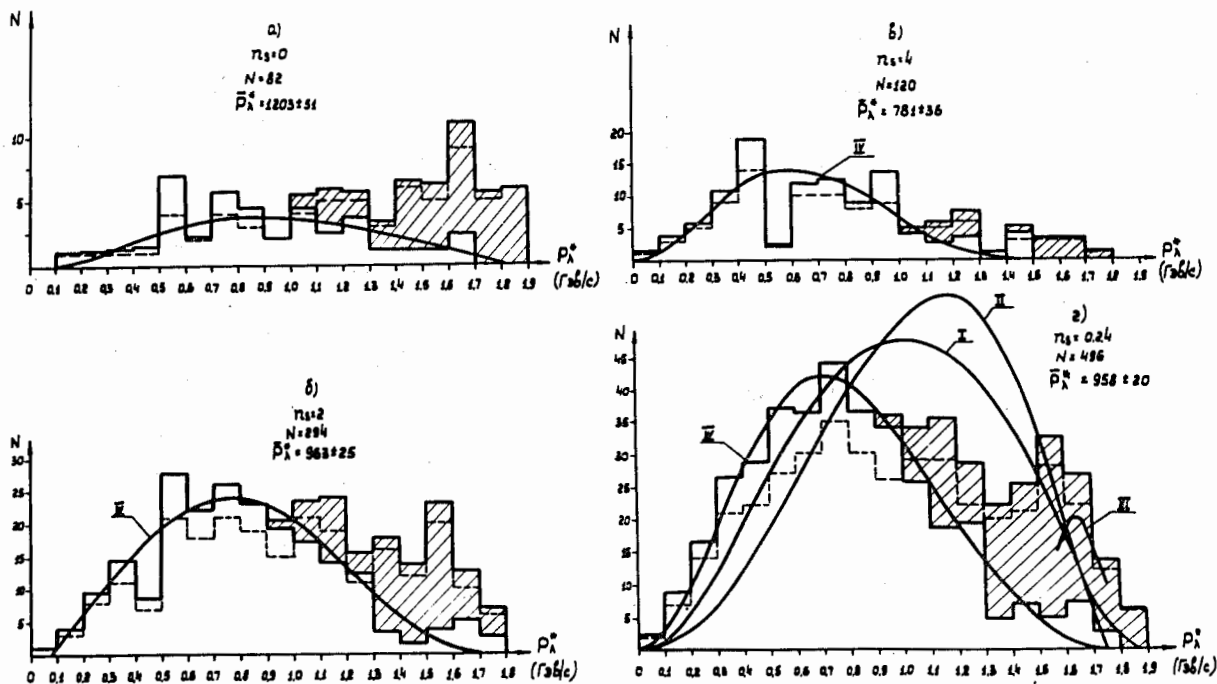


Рис. 2. Импульсные распределения  $\Lambda$ -гиперонов в с.ц.м. а) Для безлучевых звезд, б) для двухлучевых звезд, в) для четырехлучевых звезд, г) суммарное. Кривые I, II и III - результаты расчета по одномезонной диаграмме I. Кривая I соответствует обмену  $K$ -мезоном, кривая II - обмену  $K^*$ -мезоном. Учет  $K\pi$  (888)-резонанса дает вклад в область, указанную кривой III. Кривые IV - результаты расчета по статистической модели. Кривые IV нормированы на спектр  $\Lambda$ -гиперонов с  $\Delta > 700$  Мэв. Другие обозначения те же, что и на рис. 1

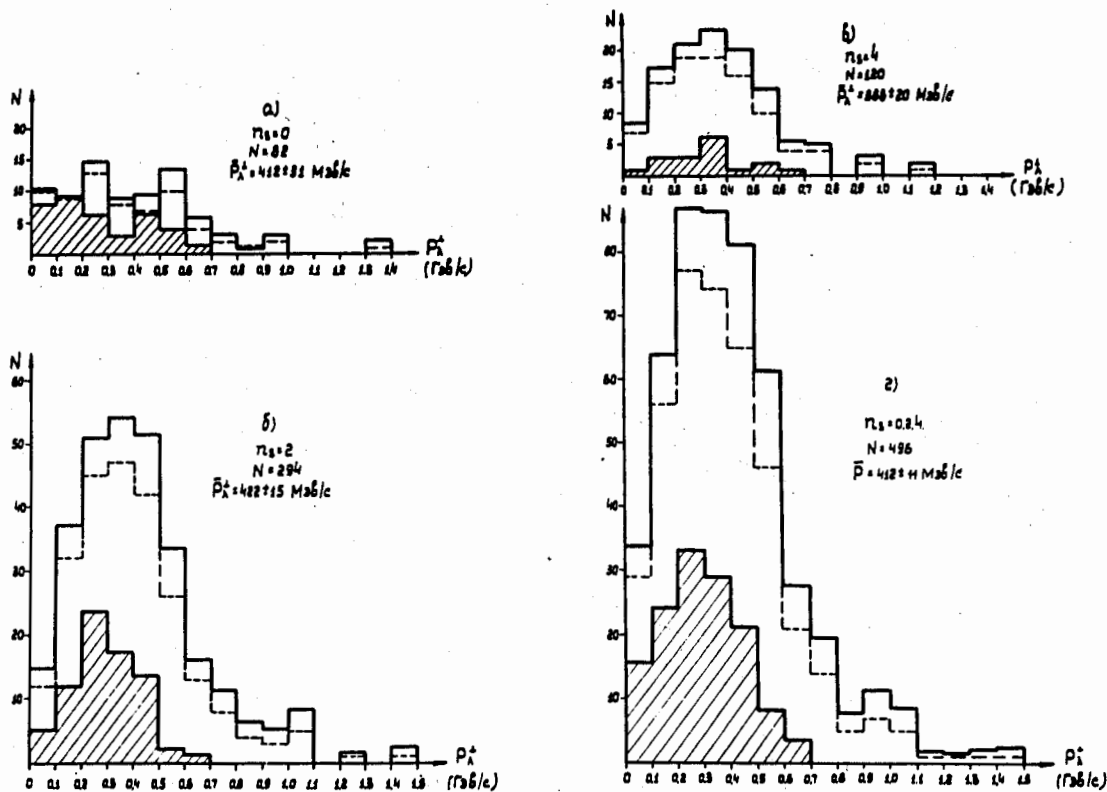


Рис. 3. Распределение поперечных импульсов  $\Lambda$ -гиперонов. а) Для безлучевых звезд, б) для двухлучевых звезд, в) для четырехлучевых звезд, г) суммарное. Обозначения те же, что и на рис. 1.

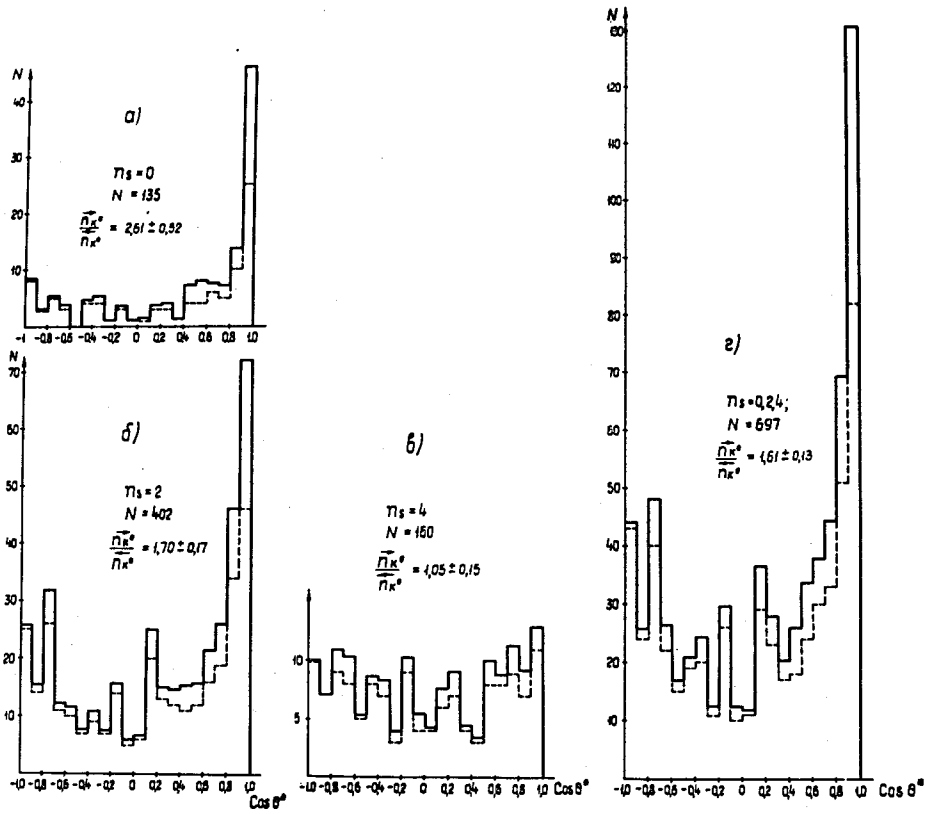


Рис. 4. Угловые распределения  $K^0$ -мезонов в с.ц.м.

а) Для безлучевых звезд, б) для двухлучевых звезд, в) для четырехлучевых звезд, г) суммарное. Пунктирной линией обозначены распределения без поправки на вероятность регистрации  $K^0$ -мезонов в эффективном объеме камеры.

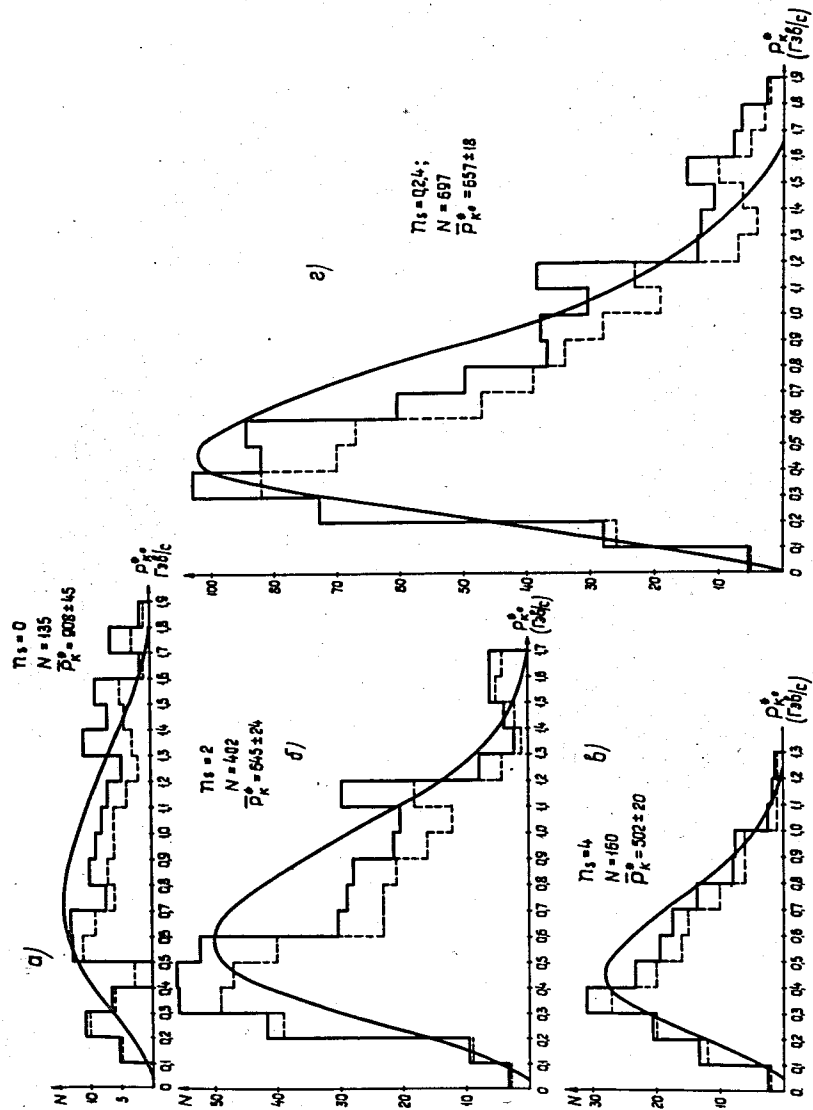


Рис. 5. Импульсные распределения  $K^0$ -мезонов в с.ц.м.

а) Для безлучевых звезд, б) для двухлучевых звезд, в) для четырехлучевых звезд, г) суммарное. Кривые — результаты расчета по статистической модели. Пунктирной линией обозначены распределения без поправки на вероятность регистрации  $K^0$ -мезонов в эффективном объеме камеры.

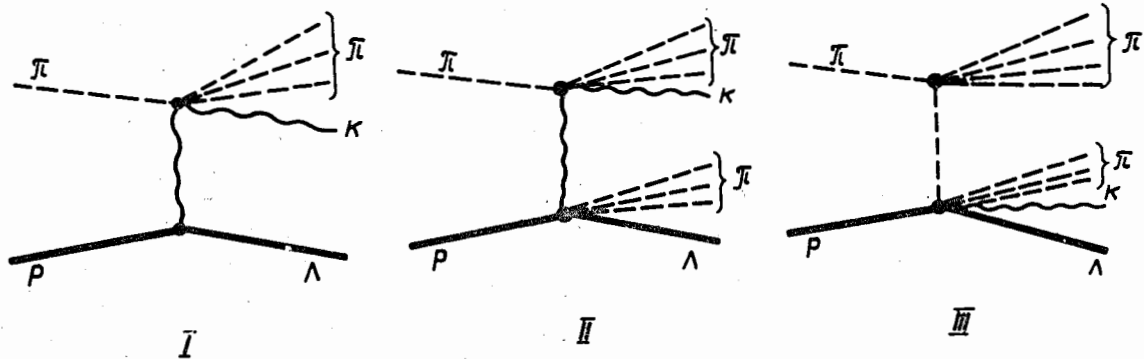


Рис. 6. Одномезонные диаграммы.