

8
Б44



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

В.А. Беляков, Ван Юн-чан, В.И. Векслер, Н.М. Вирясов, Ду Юань-цай,
Е.Н. Кладницкая, Ким Хи Ин, А.А. Кузнецов, А.К. Михул, Нгуен Дин Ты,
В.Н. Пенев, Е.С. Соколова, М.И. Соловьев

Р - 1019

ИЗУЧЕНИЕ МНОГОЧАСТИЧНЫХ РЕЗОНАНСОВ

*Мемор. конф. по вопросам физики
высоких энергий, 8-я.
Тихань, 25-30 сент. 1962. с 120-135.*

1588/2 3p.

В.А. Беляков, Ван Юн-чан, В.И. Векслер, Н.М. Вирясов, Ду Юань-шай,
Е.Н. Кладнишкая, Ким Хи Ин, А.А. Кузнецов, А.К. Михуд, Нгуен Дин Ты,
В.Н. Пенев, Е.С. Соколова, М.И. Соловьев

P - 1019

ИЗУЧЕНИЕ МНОГОЧАСТИЧНЫХ РЕЗОНАНСОВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Дубна 1962 год

А н н о т а ц и я

В работе изучались пионные резонансы от реакции с рождением Λ -гиперонов и K^0 -мезонов. Получено указание на существование новых резонансных состояний с эффективными массами 4π с $M \approx 1350$ Мэв, K^{***} с $M \approx 1650$ Мэв, K^{**} с $M \approx 1150$ Мэв и Y^{**} с $M \approx 1800$ Мэв, а так же подтверждается существование резонансов ρ , ζ , K^* , Y^* , обнаруженных при других энергиях. Замечено, что многочастичные резонансы, возможно, распадаются каскадом на другие резонансные состояния.

A.A. Belyakov, Wang Yung-chang, V.I. Veksler, N.M. Viryasov, Du Yuan-cai, E.N. Kladnitskaya, Kim Hii In,
A. Kuznetsov, A.K. Mihul, Nguyen Dinh Tu, V.N. Penev, E.S. Sokolova, M.I. Solovlev

A STUDY OF MANY-PARTICLE RESONANCES

Abstract

The pion resonances from the reaction accompanied by Λ -hyperon and K^0 meson production have been studied. An indication to an existence of new resonant states with the effective masses (4π) with $M \approx 1350$ MeV, K^{***} with $M \approx 1650$ MeV, K^{**} with $M \approx 1150$ MeV and Y^{**} with $M \approx 1800$ MeV has been obtained. The existence of the resonances observed at other energies ρ , ζ , K^* , Y^* is also confirmed. It has been noticed that the many particle resonances are likely to undergo a cascade decay into other resonant states.

Работа выполнена с помощью 24-литровой пропановой пузырьковой камеры^{/1/} и является продолжением работ по изучению генерации странных частиц^{/2,3,4/}.

Постановка опыта, характеристики пучка, методы просмотра и обработка фотографий, введение различных поправок, а также отбор π^- - p -взаимодействий в пропане описаны в работах^{/2,3,5/}.

В данной работе изучались 2,3 и 4-х-частичные резонансы при рождении на водороде Λ -гиперонов и K^0 -мезонов. Для этого с помощью электронно-счетных машин вычислительного центра ОИЯИ проводился расчет эффективных масс для следующих комбинаций:

2π , 3π , 4π , $\Lambda\pi$, $\Lambda 2\pi$, $\Lambda 3\pi$, $K^0\pi$, $K^0 2\pi$, $K^0 3\pi$, которые выделялись из реакций:

- 1) $\pi^- + p \rightarrow \Lambda(\Sigma^0) + K^0 + m\pi$
- 2) $\quad \quad \quad \rightarrow \Lambda(\Sigma^0) + K^+ + m\pi$
- 3) $\quad \quad \quad \rightarrow K^0 + \bar{K}^0 + p(n) + m\pi$
- 4) $\quad \quad \quad \rightarrow K^0 + K^- + p(n) + m\pi$
- 5) $\quad \quad \quad \rightarrow \bar{K}^0 + K^+ + p(n) + m\pi$
- 6) $\quad \quad \quad \rightarrow K^0 + \Sigma^+(\Sigma^-) + m\pi,$

где m - число π -мезонов.

Пионные резонансы

Нами были отдельно обработаны четырехчастичные корреляции из четырехлучевых звезд с Λ -гиперонами и K^0 -мезонами. Распределения по эффективным массам

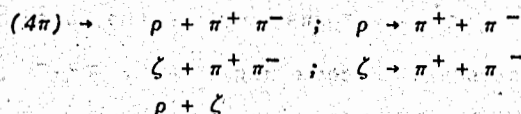
$M_{\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}$ приводятся на рис. 1,2. Как видно из этих рисунков, среди значений эффективных масс в области 1,3 - 1,4 Бэв имеется максимум, который резко выделяется над кривой фазового объема^{x/}. Случаи, входящие в этот максимум, были специально проанализированы для определения эффективных масс в комбинациях из любых двух пионов: $M_{\pi^+\pi^-}$, $M_{\pi^-\pi^-}$, $M_{\pi^+\pi^+}$. Результаты такого анализа приводятся на рис.3 /сплошная линия/. В то время как эффективные массы для комбинаций $\pi^+\pi^+$ и $\pi^-\pi^-$ имеют более или менее плавные распределения /рис. 3 в/, в распределении для $M_{\pi^+\pi^-}$ эффективные массы группируются около двух значений, а именно: 750 и 550 Мэв /рис.3а/

Эти значения масс соответствуют полученным при других энергиях резонансам ρ ^{/6/} и ζ ^{/7/}.

^{x/} Влияние π^0 -мезонов, а также других частиц, учтено с помощью статистической теории. Все неидентифицированные частицы считались π -мезонами. Вносимый таким образом фон изучался отдельно.

Для проверки того, не является ли этот результат случайным, подобный анализ /определение эффективных масс для двухпионных компонент/ был сделан для соседних участков, прилегающих к максимуму. Ни в одной из возможных комбинаций результат, подобный рис. 3, не наблюдается. /Полученные распределения показаны на рис. 3 пунктирной линией/. Нами проводился также анализ экспериментальных ошибок в определении эффективных масс для каждого рассматриваемого распределения и величина интервала выбиралась с учетом экспериментальных ошибок.

Приведенные данные впервые дают экспериментальное указание на возможность распада 4π -резонансного состояния каскадом:



4π -резонанс наблюдался также при эффективной массе 1,05 Бэв^{/14/}. При такой же массе имеется указание на существование резонанса в $K^0 \bar{K}^0$ -системе^{/12/}.

В интервале 1,3 - 1,4 Бэв^{/13/} для $\bar{K}^0 K^0$ обнаруживается максимум, выходящий за фазовую кривую.

Если это совпадение не случайно и системы 4π -мезонов и пары $K^0 \bar{K}^0$ относятся к одному и тому же состоянию, то как указал В.И. Огиевецкий, это позволяет сделать некоторые интересные выводы. Именно, так как $K^0(\bar{K}^0)$ распадается в нашем опыте по схеме K_1^0 , то орбитальный момент ℓ и пространственная четность системы могут быть равными только $0^+, 2^+, 4^+ \dots$. Далее, система из 4π -мезонов обладает положительной G -четностью, $G = +1$ G -четность системы $\bar{K}^0 K^0$ равна $(-1)^{\ell}$. Отсюда можно сделать вывод, что изотопический спин T равен нулю /так как орбитальный момент ℓ четен/. Таким образом, резонансное состояние /частица/, которое может распадаться по схемам 4π и $K^0 \bar{K}^0 (K_1^0 \bar{K}_1^0)$, должно иметь изотопический спин, равный нулю, спин - четный, пространственную четность - положительную, G -четность также положительную ($T = 0, j = (2k)^{++}$).

Были обработаны также данные по эффективным массам 3π -мезонов. Соответствующие распределения по эффективной массе приводятся на рис. 4. При имеющейся статистике мы не можем сделать заключения о наличии резонанса в этом распределении.

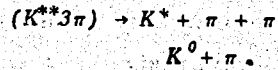
На рис. 5 представлено распределение эффективных масс для системы из двух пионов, а на рис. 6 показано распределение по $M_{\pi^+ \pi^-}$ для 2π -мезонных комбинаций из 2- и 4-лучевых звезд. На этих рисунках достаточно отчетливо наблюдается максимум, соответствующий ρ -резонансу, наблюдавшемуся также и при других энергиях. Относительно максимумов, расположенных в области меньших значений эффективных масс, нельзя сделать вывод, что они обусловлены резонансами, т.к. для этого недостаточно имеющейся статистики.

Резонансы со странными частицами

а/ Резонансы с K^0 -мезонами

На рис. 7 приводится распределение по эффективным массам для комбинаций

$K^0 \pi^+ \pi^- \pi^\pm$. В области от 1,6 до 1,7 Бэв отчетливо выделяется максимум. Анализ случаев, которые принадлежат к этой области, по эффективным массам $K^0 \pi^\pm$ /рис. 8/ показывает, что возможным распадом резонансного состояния является распад на K^{*+} и $2\pi^-$ мезона



В распределении по $M_{K^0 \pi^\pm \pi^\pm}$ из четырехлучевых звезд также имеется пик при 1100 - 1200 Мэв. Это распределение показано на рис. 9.

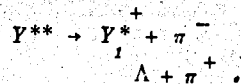
В то же время распределение, построенное по эффективным массам $M_{K^0 \pi^+ \pi^-}$ из 2- и 4- лучевых звезд, не обнаруживает ничего похожего на связанное состояние.

В распределениях по эффективным массам для $K^0 \pi^+$ и $K^0 \pi^-$, как это видно из рис. 10, имеются максимумы, хотя и не очень отчетливо выделенные над фазовой кривой. Их расположение совпадает с известным резонансом K^* , полученным при других энергиях.

6/ Резонансы с Λ^- гиперонами

В распределении по $M_{\Lambda \pi^+ \pi^-}$ от двухлучевых звезд наблюдается отчетливый максимум в интервале 1,7 - 1,9 Бэв, /рис. 11/. Для случаев, попадающих в этот максимум, были построены распределения по эффективным массам $M_{\Lambda \pi^+}$, $M_{\Lambda \pi^-}$, $M_{\pi^+ \pi^-}$, /рис. 12/.

В распределении по $M_{\Lambda \pi^+}$ выделяется пик, совпадающий с известным резонансом Y_1^* . Здесь возможен следующий каскадный распад:



В распределении по $M_{\Lambda \pi^+ \pi^-}$ для случаев, взятых из четырехлучевых звезд, максимум в интервале 1,7 - 1,9 Бэв не обнаружен /рис. 13/.

Помимо указанного выше нового резонанса с Λ^- гипероном, на рис. 14 и 15 приведено распределение по $M_{\Lambda \pi^+}$ и $M_{\Lambda \pi^-}$. В этих распределениях обнаруживается ранее найденный резонанс Y^* .

В распределениях по $M_{\Lambda \pi^+ \pi^- \pi^\pm}$ /рис. 16/, по-видимому, нельзя говорить о каком-либо заметном резонансе.

В ы в о д ы

Как видно из приведенных данных, получено указание на существование новых многочастичных резонансов: (4π) с $M \approx 1350$ Мэв; K^{**} с $M \approx 1650$ Мэв; K^{**} с $M \approx 1150$ Мэв; Y_1^{**} с $M \approx 1800$ Мэв.

По-видимому, в многочастичных резонансах мы впервые встречаемся с каскадным распадом. Однако, это заключение еще не может считаться окончательным. Не исключено, что некоторые из этих максимумов также могут быть объяснены взаимодействием в конечном состоянии /10,11/.

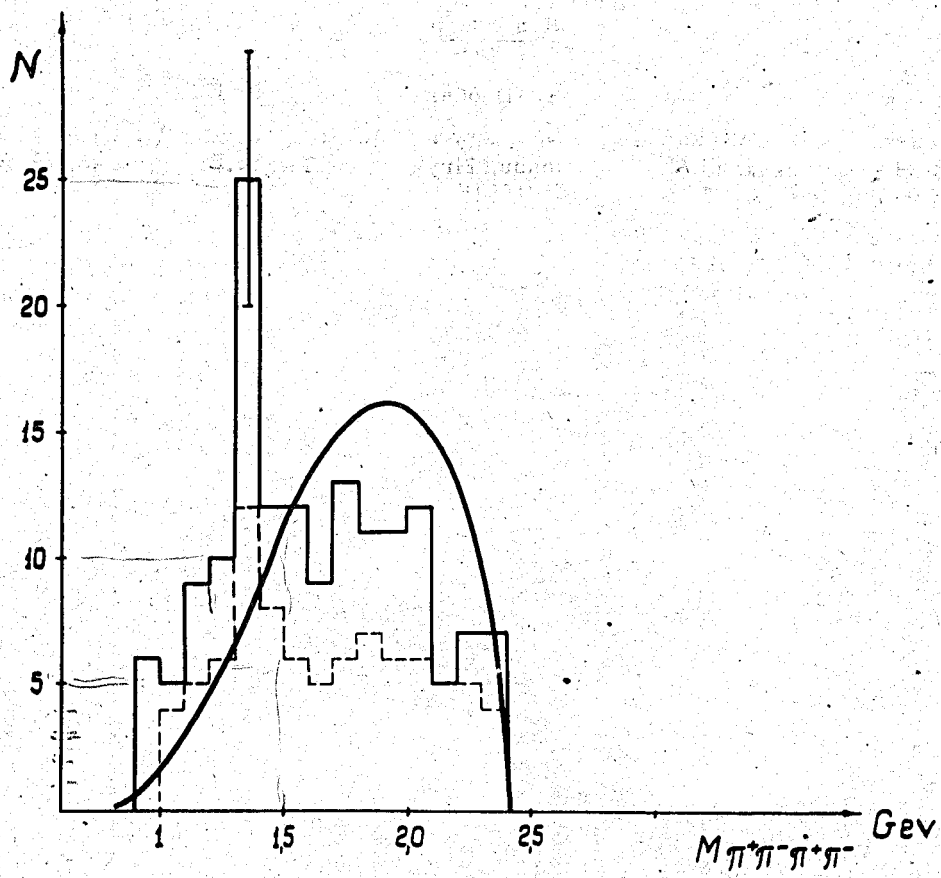
Авторы выражают благодарность Д. Блохинцеву, В. Огиевскому, А. Балдину, Б. Арбузову, Р. Фаустову, Хуан Цзун-чжань и Сен Цзунь-мо за полезные обсуждения и замечания, Г. Копылову - за помощь в вычислении фазовых кривых, а также сотрудникам вычислительного центра В. Комоловой, Н. Марковой и В. Хлапониной за проведение необходимых расчетов и группе лаборантов - за проведение измерений и помощь в работе.

Л и т е р а т у р а

1. Ван Ган-чан, М.И. Соловьев, Ю.Н. Шкобин. ПТЭ 1, 41, 1959.
2. Ван Ган-чан, Ван Цу-цзэн, В.И. Векслер, И. Врана, Дин Да-цао, В.Г. Иванов, Е.Н. Кладницкая, А.А. Кузнецов, Нгуен Дин Ты, А.В. Никитин, М.И. Соловьев, Чен Лин-янь. ЖЭТФ 40, 464 /1961/.
3. 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. Хофмоэль, Чен Лин-янь. Препринт ОИЯИ Д-808.
4. Ван Ган-чан, Ван Цу-цзэн, Н.М. Вирысов, Дин Да-цао, Ким Хи Ин, Е.Н. Кладницкая, А.А. Кузнецов, А. Михул, Нгуен Дин Ты, А.В. Никитин, М.И. Соловьев, ЖЭТФ 40, 732 /1961/.
5. Ван Ган-чан, Ван Цу-цзэн, Дин да-цао, В.Г. Иванов, Ю.В. Катышев, Е.Н. Кладницкая, Л.А. Кулюкина, Нгуен Дин Ты, А.В. Никитин, С.З. Отвиновский, М.И. Соловьев, Р. Сосновский, М.Д. Шафранов. ЖЭТФ 38, 426 /1960/.
6. M.L.Stevenson, G.R.Kalbfilisch, B.C.Maglic, A.H.Rosenfeld. Report U.C.R.L. 9814; W.Fickinger, F.C.Fowler, H.Kraybill, T.Sandweiss, T.Sanford, H.Taft. Phys. Rev. Letters 6, 624 (1961).
7. E.Pickup, D.K.Robinson, E.O.Salant, Phys. Rev. Letters 7, 192 (1961).
8. M.Alston, L.W.Alvarez, P.Eberhard, M.L. Good, W.Graziano, H.K.Ticho, S.G.Wojcicki. Phys. Rev. Letters 5, 520 (1960).
9. M.Alston, L.W.Alvarez, P.Eberhard, M.L.Good, W.Graziano, H.K.Ticho, S.G.Wojcicki. Phys. Rev. Letters 6, 300 (1961).
10. R.F.Peterl, Phys. Rev. Letters 6, 641, (1961).
11. M.Nauenberg, A.Pais. Phys. Rev. Letters 8, 82 (1962).
12. Ван Юн-чан, В.И. Векслер, Ду Юань-цай, Е.Н. Кладницкая, А.А. Кузнецов, А.Михул, Нгуен Дин Ты, В.Н. Пенев, Е.С. Соколова, М.И. Соловьев. Препринт ОИЯИ Д-965 /1962/.
13. В.А. Беляков, Ван Юн-чан, В.И. Векслер, Н.М. Вирысов, Ду Юань-цай, Ким Хи Ин, Е.Н. Кладницкая, А.А. Кузнецов, Нгуен Дин Ты, А. Михул, В.Н. Пенев, Е.С. Соколова, М.И. Соловьев. Будет доложено на конференции в Женеве /1962/.
14. W.D.Walker, J.Boyd, A.R.Erwin, H.R.Fechter, D.Lyon, R.H.March, P.H.Satterblom, and E.West. Bull. Am. Phys. Soc. 7, N 4, P. 281 (1962).

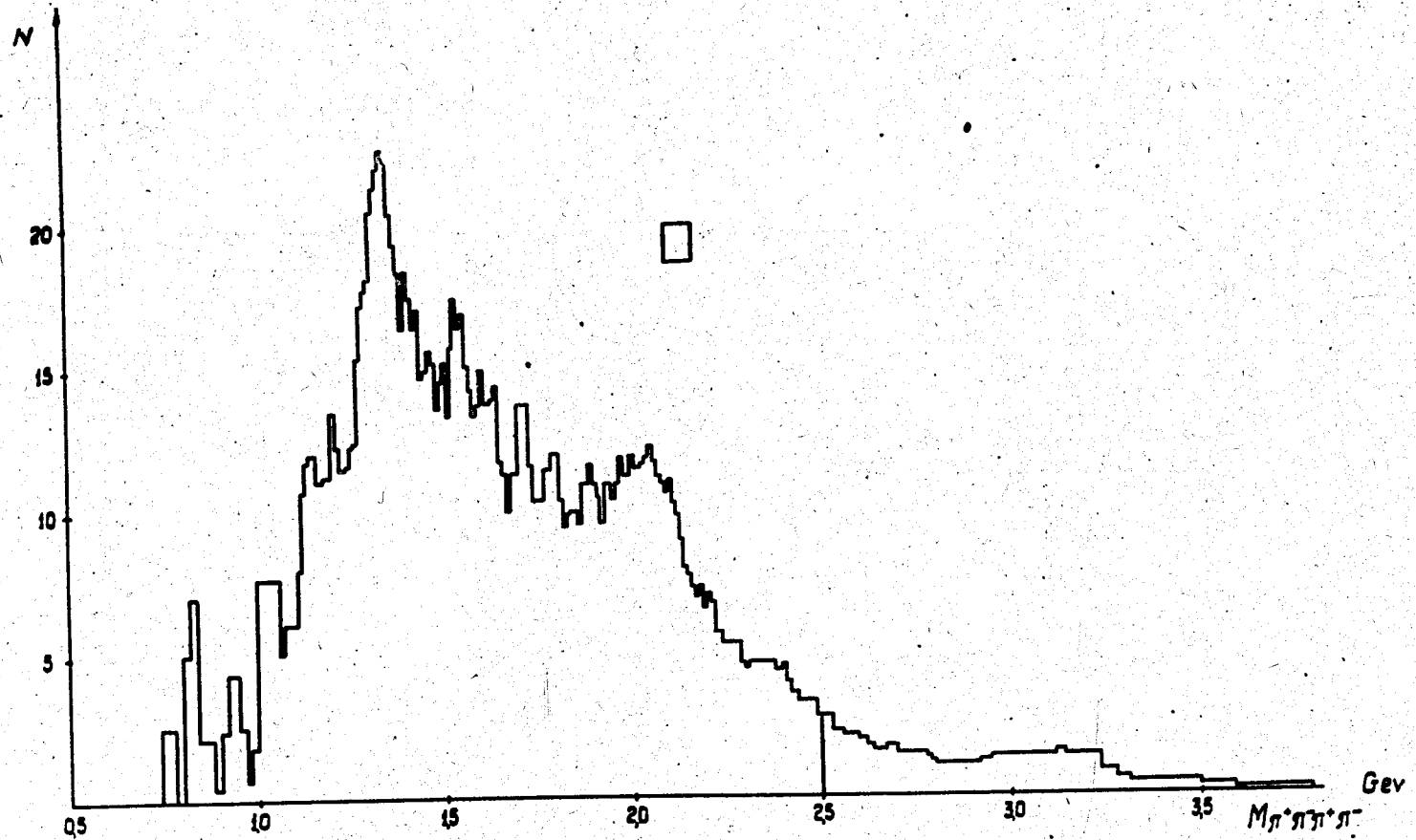
Рукопись поступила в издательский отдел

26 июня 1962г.



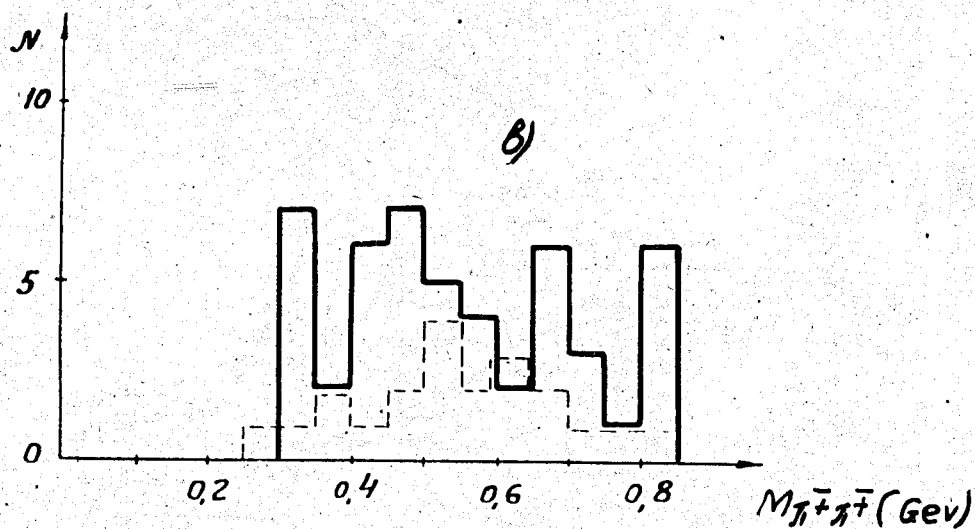
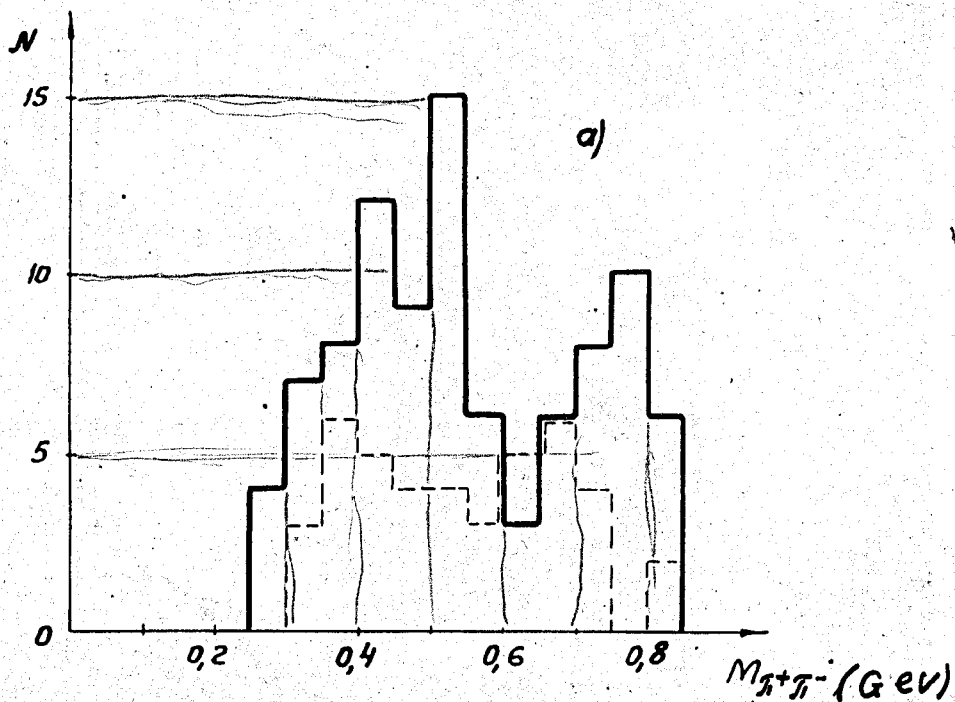
Р. и с. 1.

Спектр $M_{\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}$ для 4-лучевых звезд с Λ -гиперонами и K^0 -мезонами.
 Пунктирная кривая - для звезд с K^0 -мезонами.



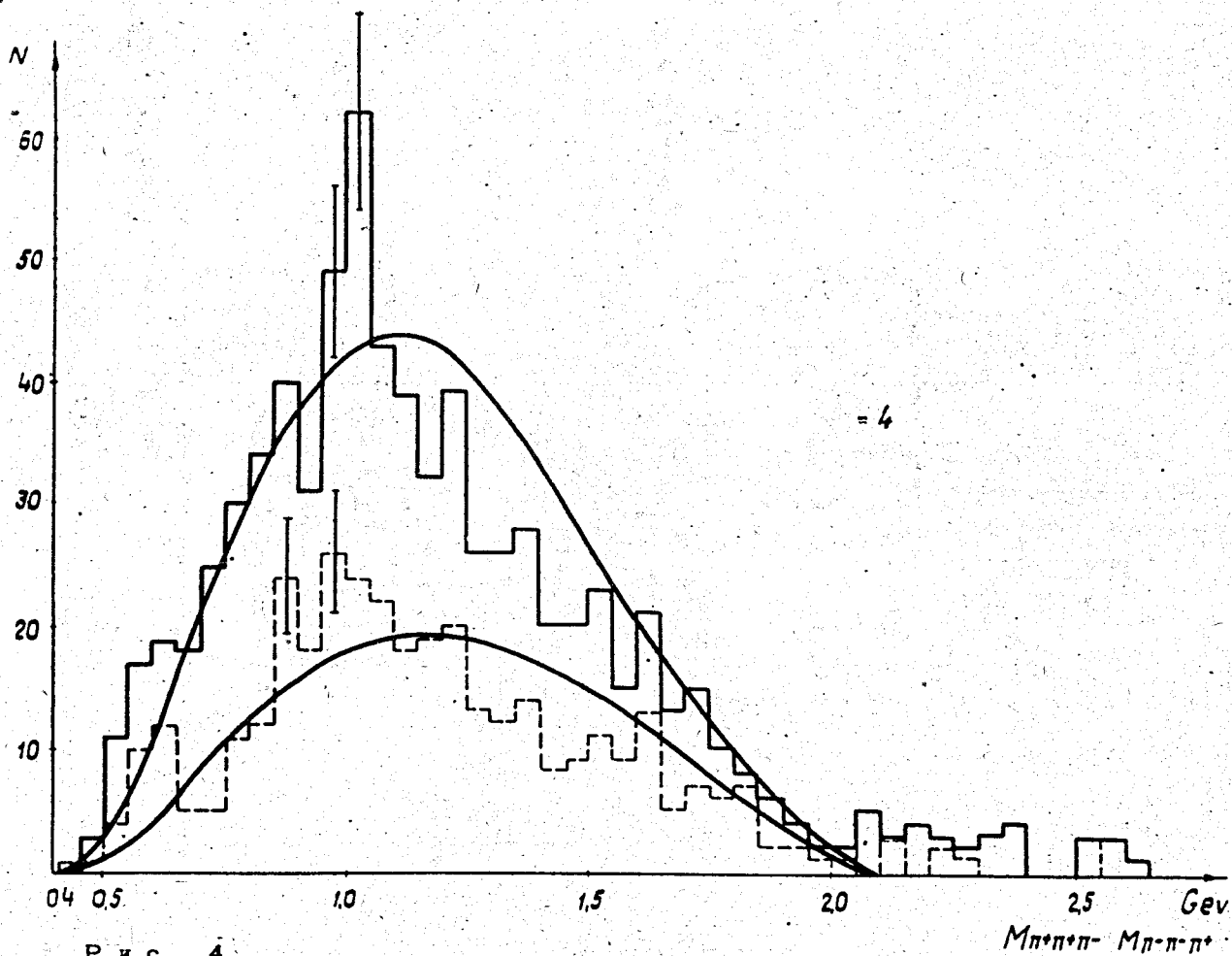
Р и с. 2.

Идиограмма значений $M_{\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-}$ для 4-лучевых звезд с Λ -гиперонами и K^0 -мезонами



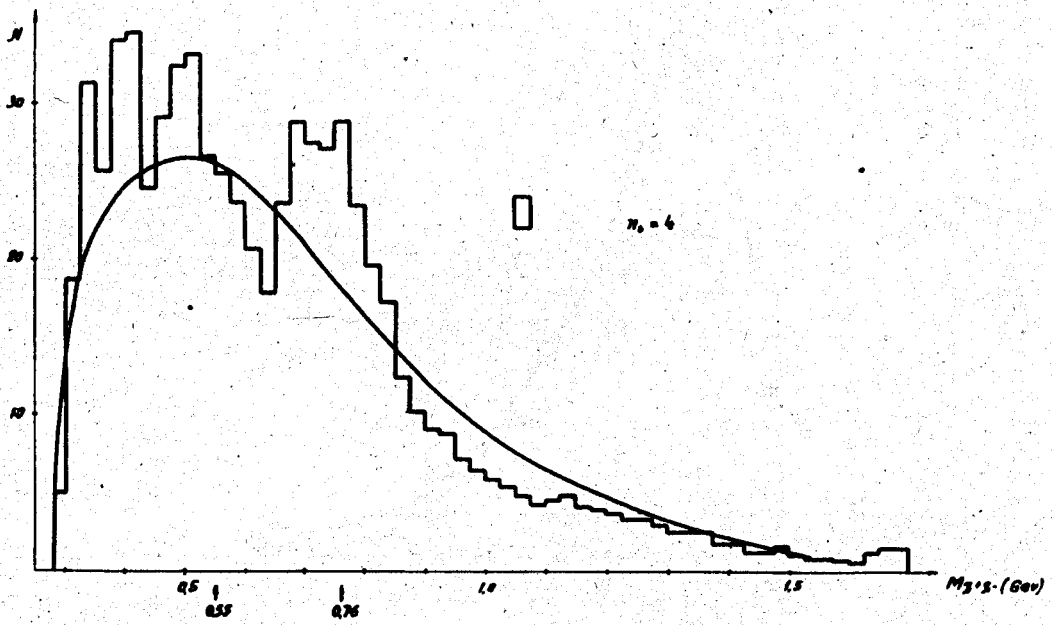
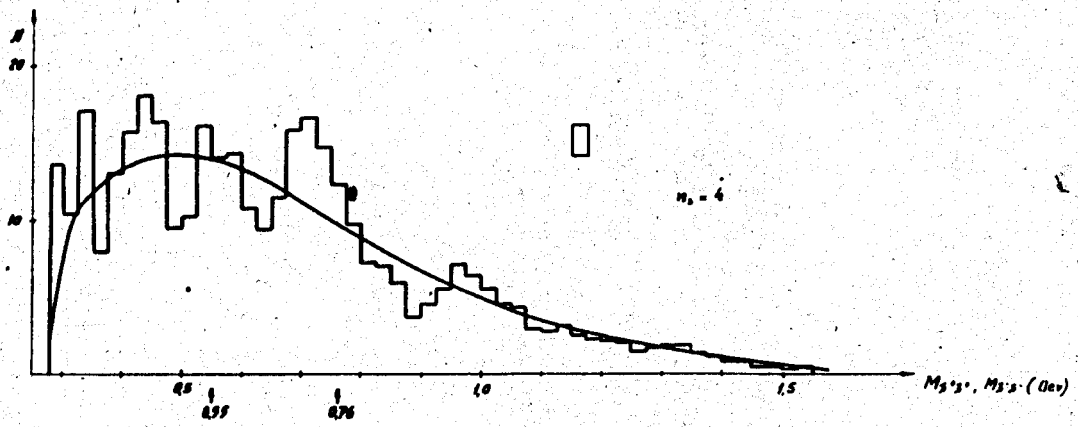
Р и с. 3.

Распределение а/ $M_{\pi^+\pi^-}$ и б/ $M_{\pi^+\pi^+}$. Сплошная линия - для случаев с $1,3 \text{ Бэв} \leq M_{\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-} \leq 1,4 \text{ Бэв}$. Пунктирная линия - для случаев из интервалов $1,25 \text{ Бэв} \leq M_{\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-} < 1,3 \text{ Бэв}$, $1,4 \text{ Бэв} \leq M_{\pi^+\pi^-\pi^+\pi^-} < 1,43 \text{ Бэв}$.



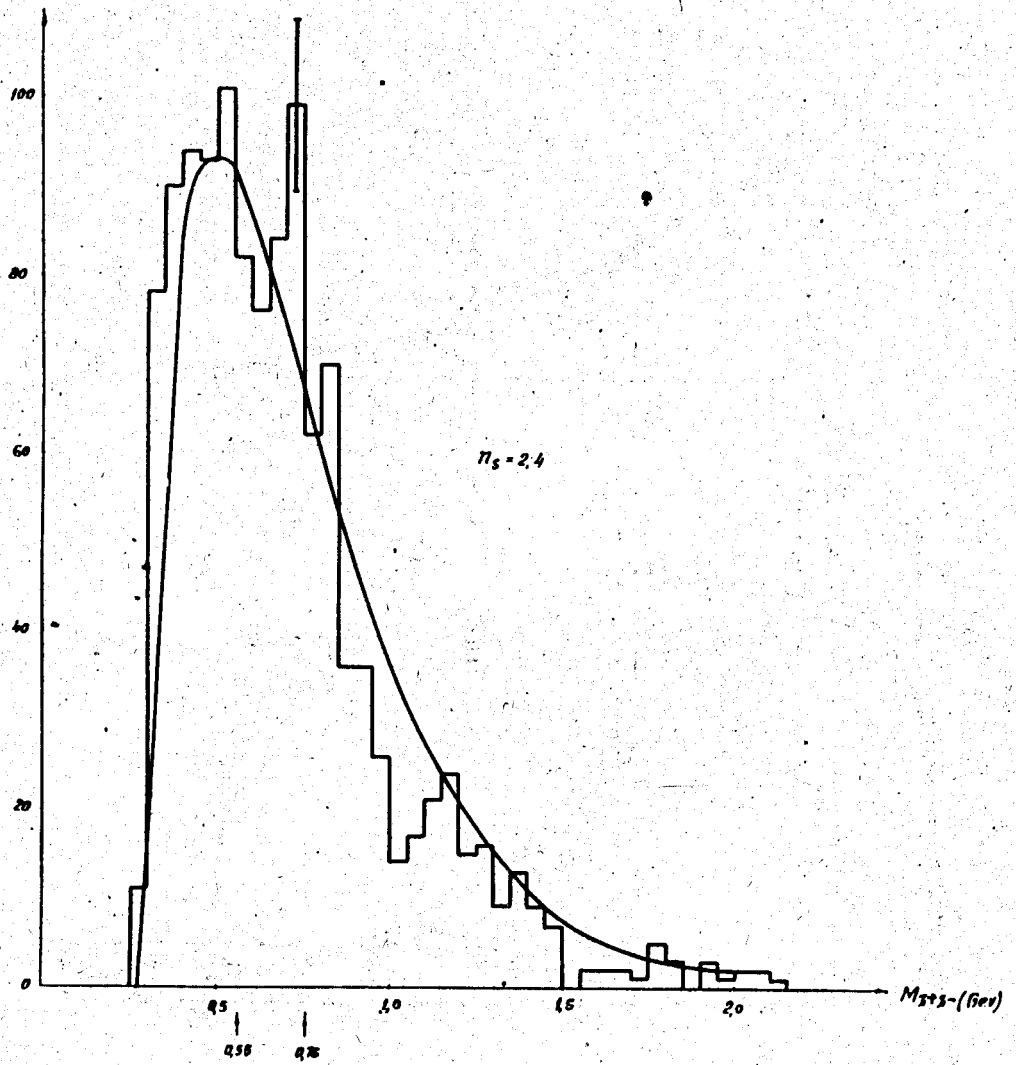
Р и с. 4.

Спектр $M_{\pi^{\pm}\pi^{\pm}\pi^{\mp}}$ для 4-лучевых звезд с Λ -гиперонами и K^0 -мезонами. Пунктирная кривая - для звезд с Λ -гиперонами.



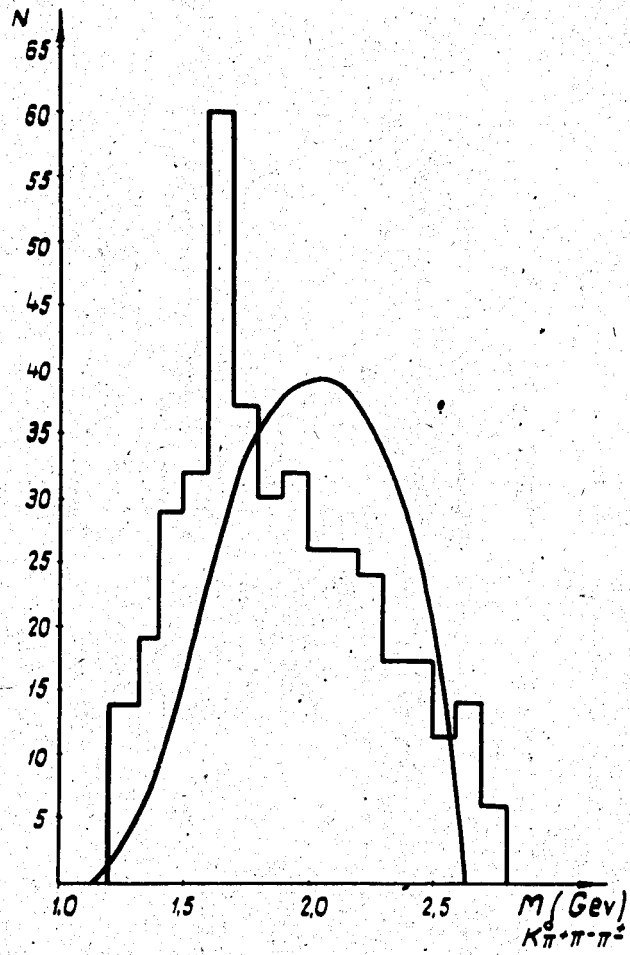
Р и с. 5.

Распределение $M_{\pi^+\pi^-}$ и $M_{\pi^+\pi^+}$ для 4-лучевых звезд с Λ -гиперонами и K^0 -мезонами.



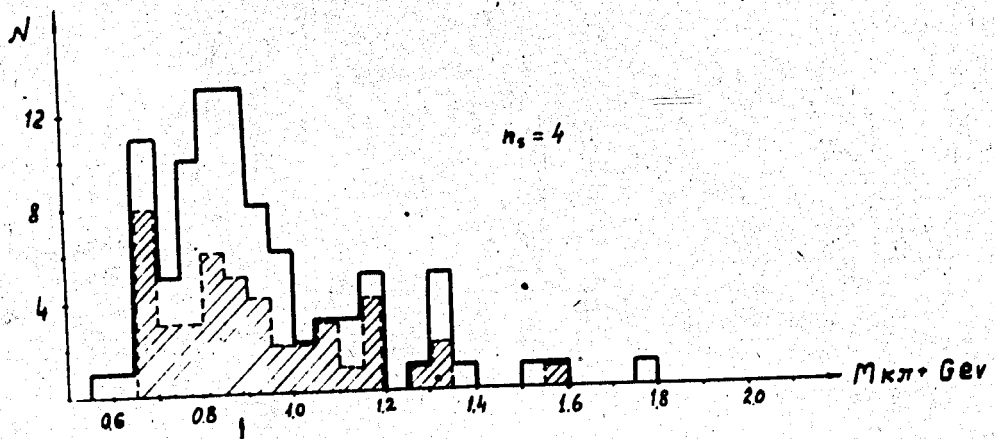
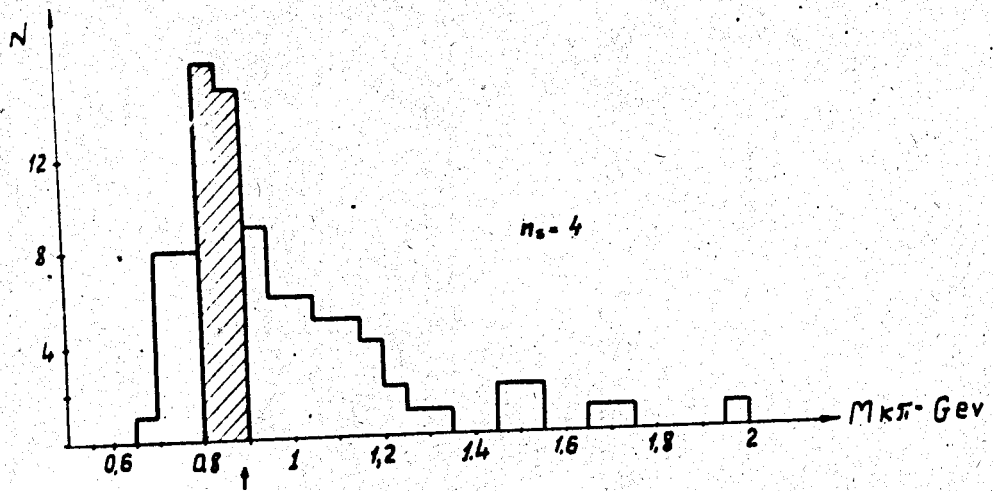
Р. и с. 6.

Распределение $M_{\pi^+\pi^-}$ от 2- и 4-лучевых звезд с Λ -гиперонами и K^0 -мезонами.



Р и с. 7.

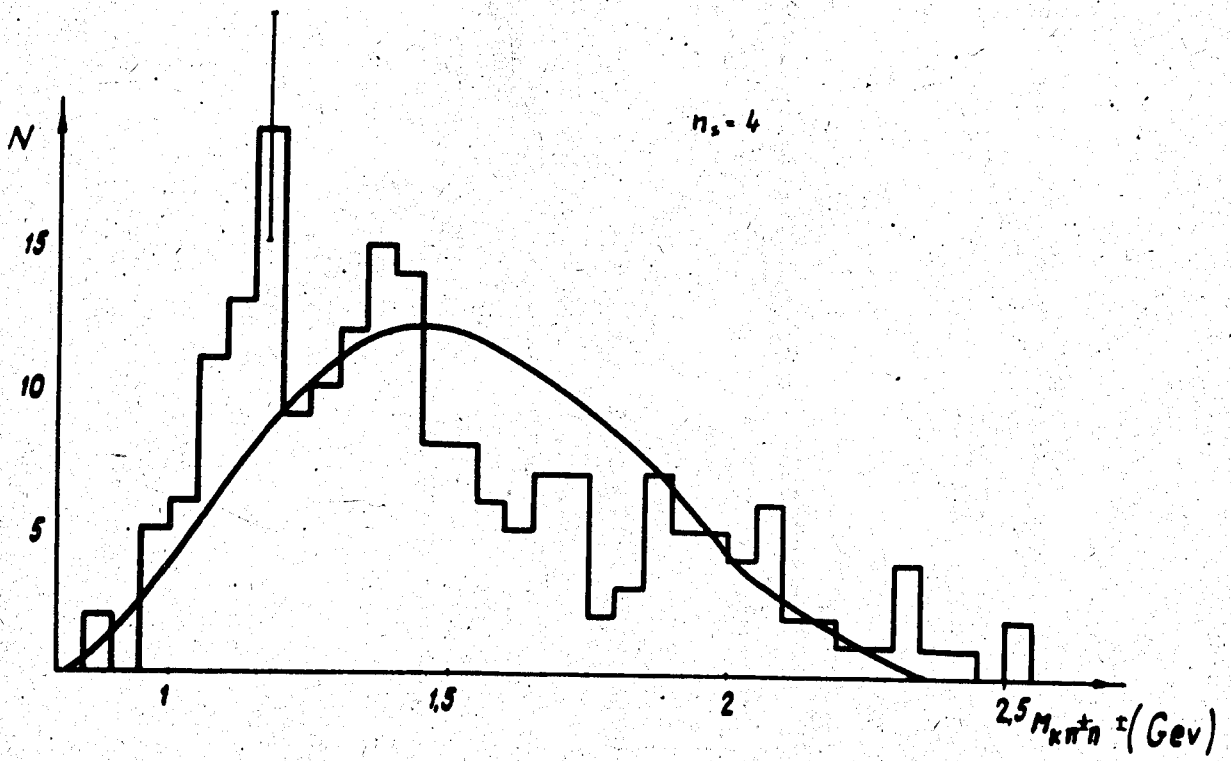
Распределение $M_{K\pi^+\pi^-\pi^-}$ для 4-лучевых звезд.



Р и с. 8.

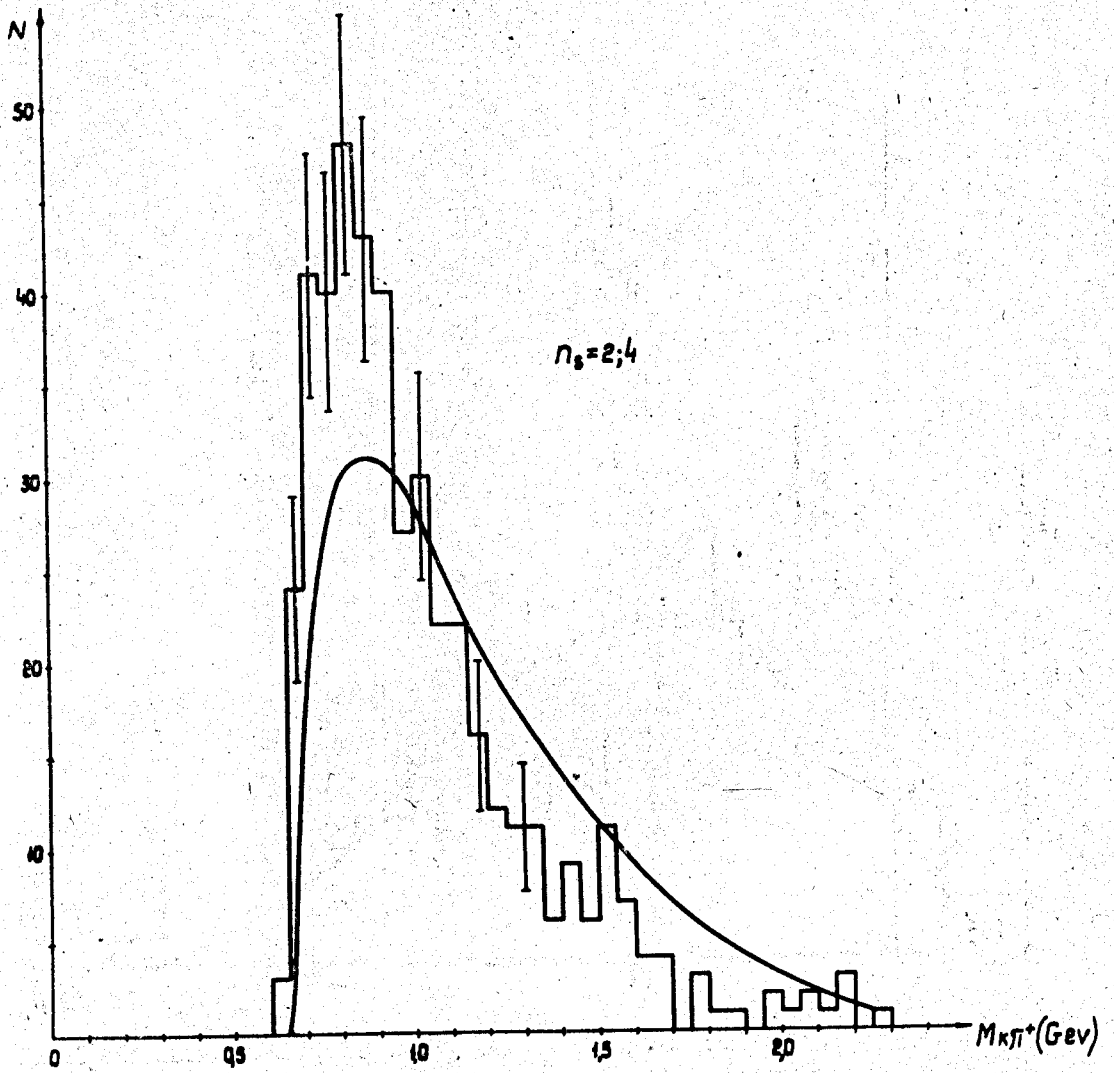
Распределение $M_{K^0\pi^+}$ и $M_{K^0\pi^-}$ для случаев из максимума

$$1,6 \text{ Бэв} \leq M_{K^0\pi^\pm} \pm \pi^\mp < 1,8 \text{ Бэв.}$$



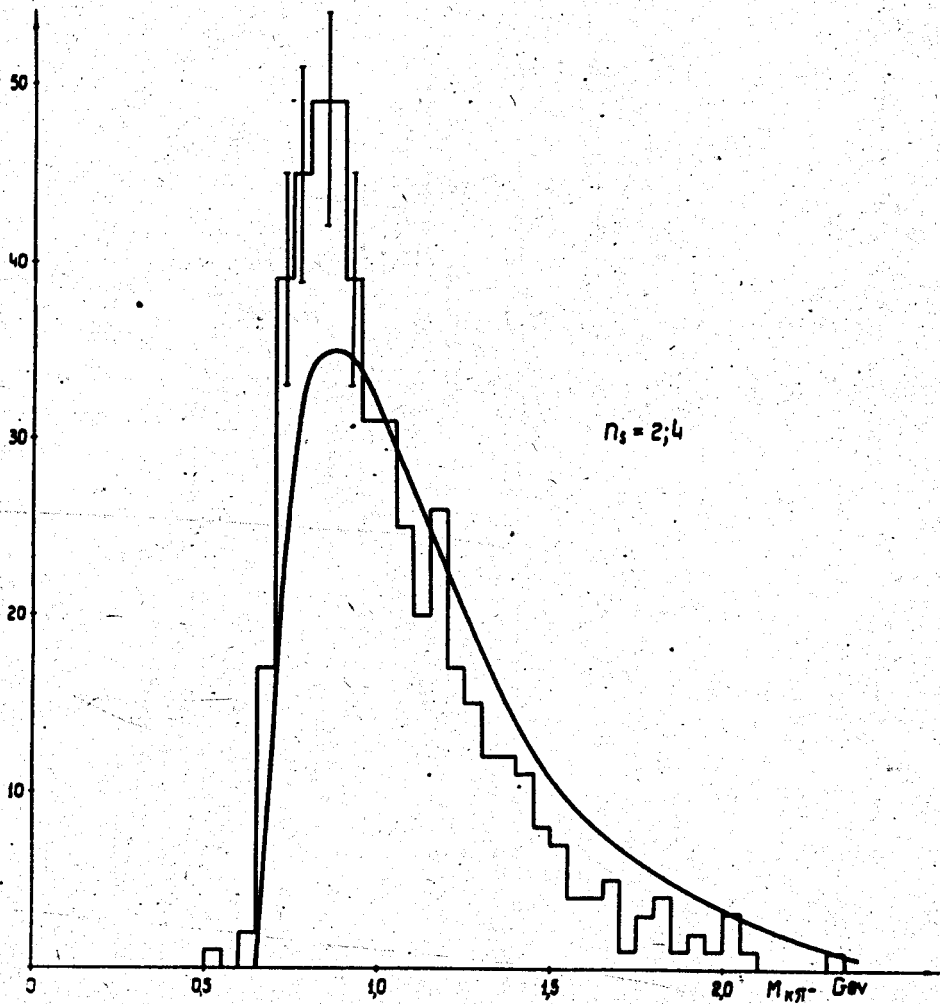
Р и с. 9.

Распределение $M_{K^0 \pi^+ \pi^-}$ от 4-лучевых звезд.



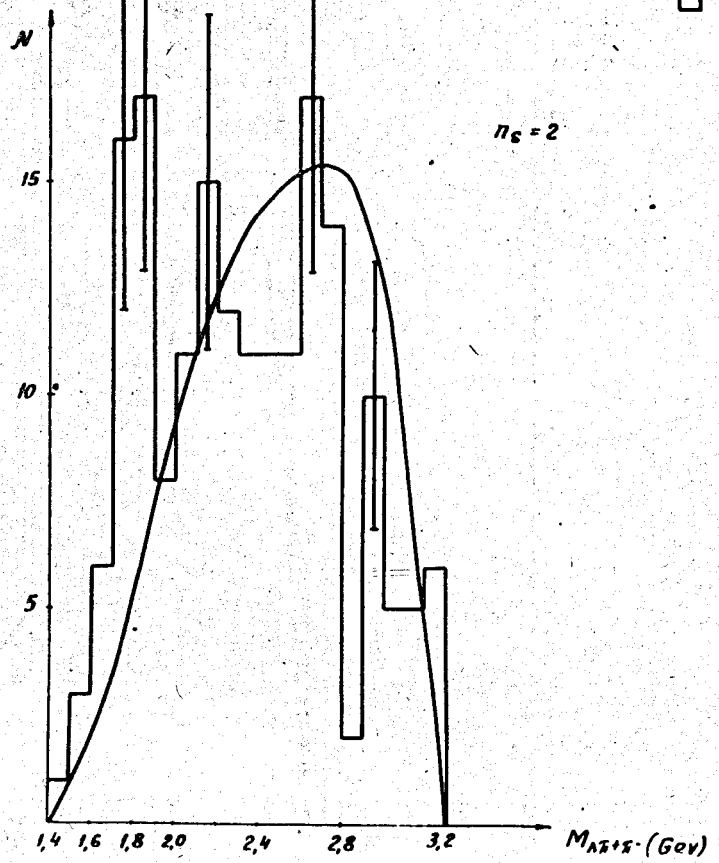
Р и с. 10 а.

Распределение $M_{K^0 \pi^+}$ от 2 и 4-лучевых звезд.



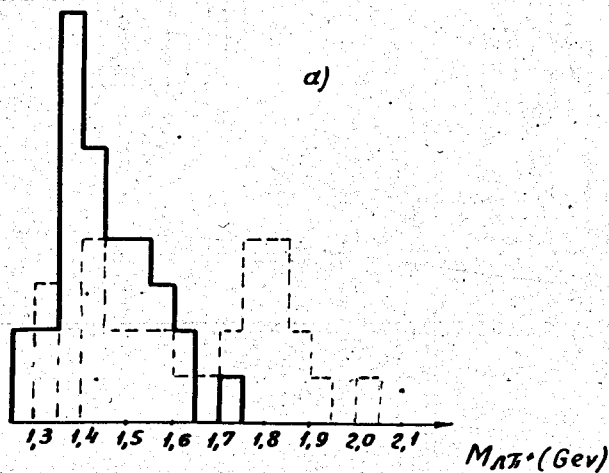
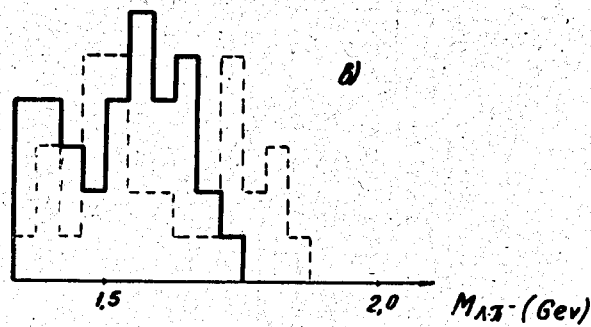
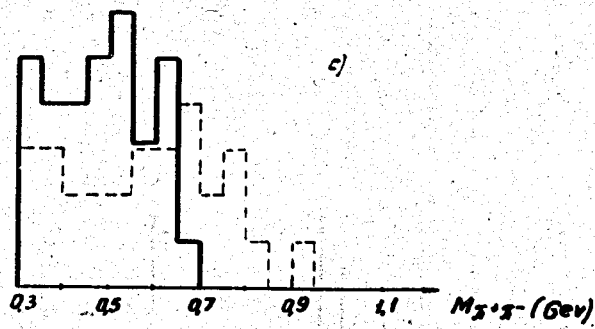
Р и с. 106.

Распределение $M_{K^0\pi^-}$ от 2- и 4-лучевых звезд.



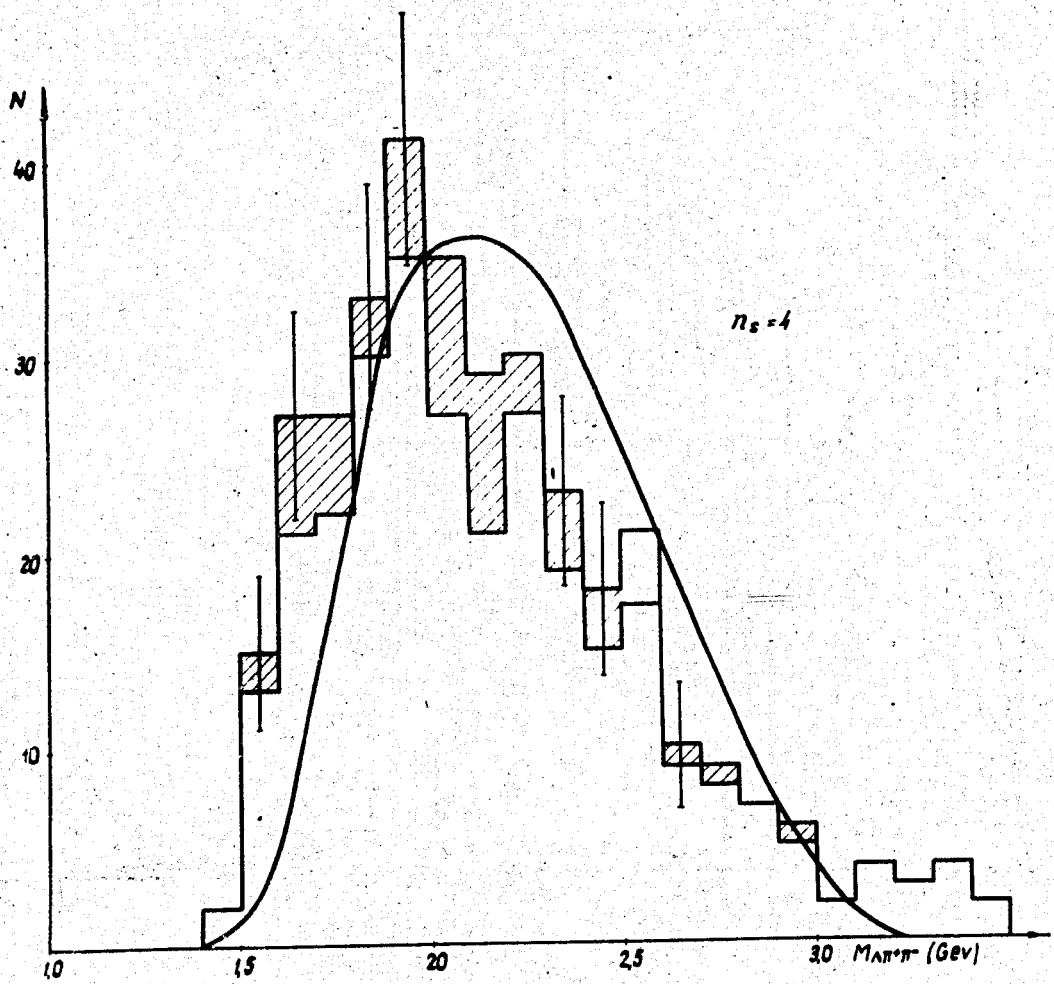
Р и с. 11.

Распределение $M_{\Lambda\pi^+\pi^-}$ для 2-лучевых звезд.



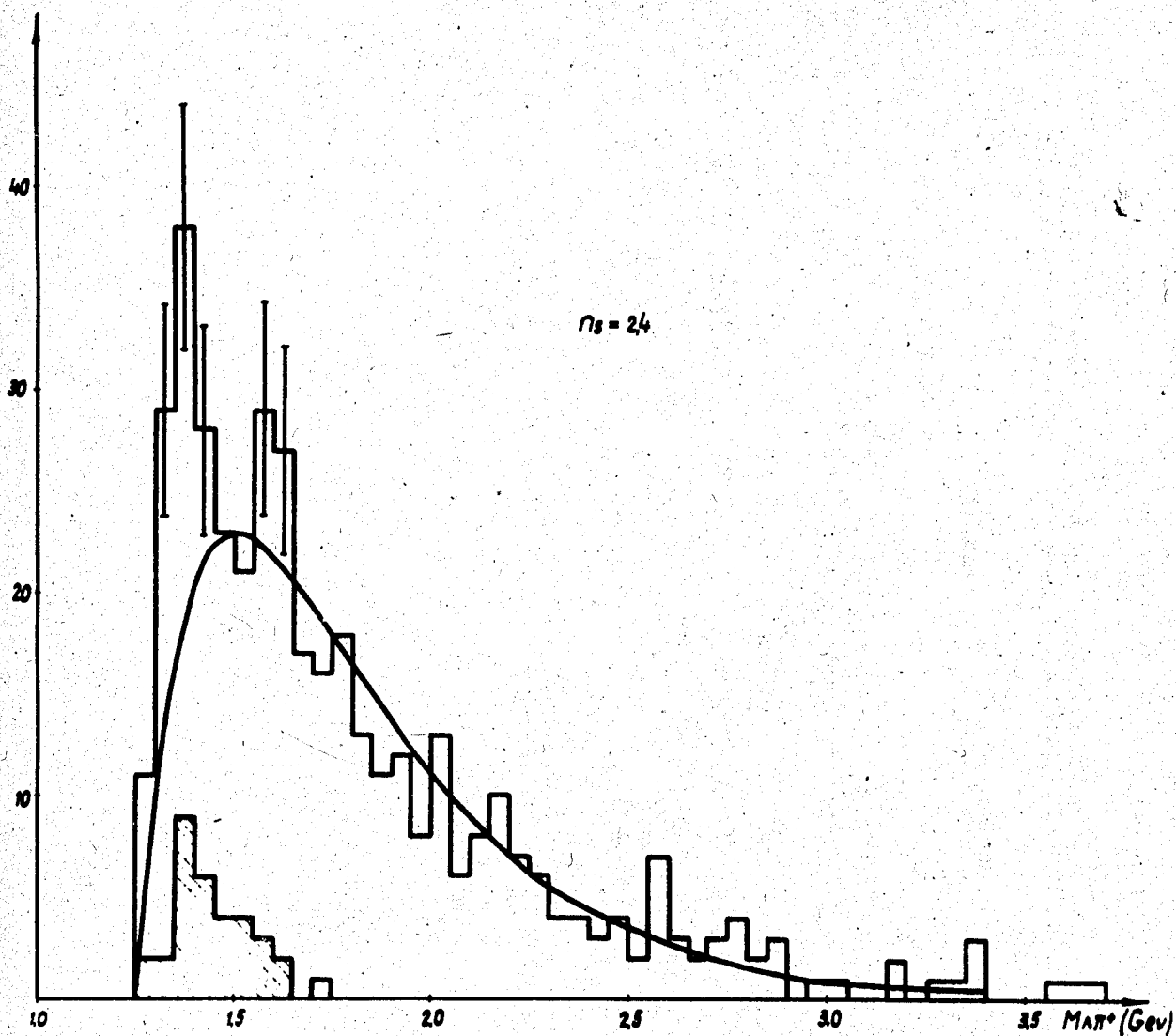
Р и с. 12.

Распределение $M_{\Lambda\pi^+}$, $M_{\Lambda\pi^-}$ и $M_{\pi^+\pi^-}$ — сплошная кривая для 2-лучевых звезд с $1,7 \text{ БэВ} \leq M_{\Lambda\pi^+\pi^-} < 1,9 \text{ БэВ}$. Пунктирная — для 2-лучевых звезд с $2,0 \text{ БэВ} \leq M_{\Lambda\pi^+\pi^-} < 2,2 \text{ БэВ}$.



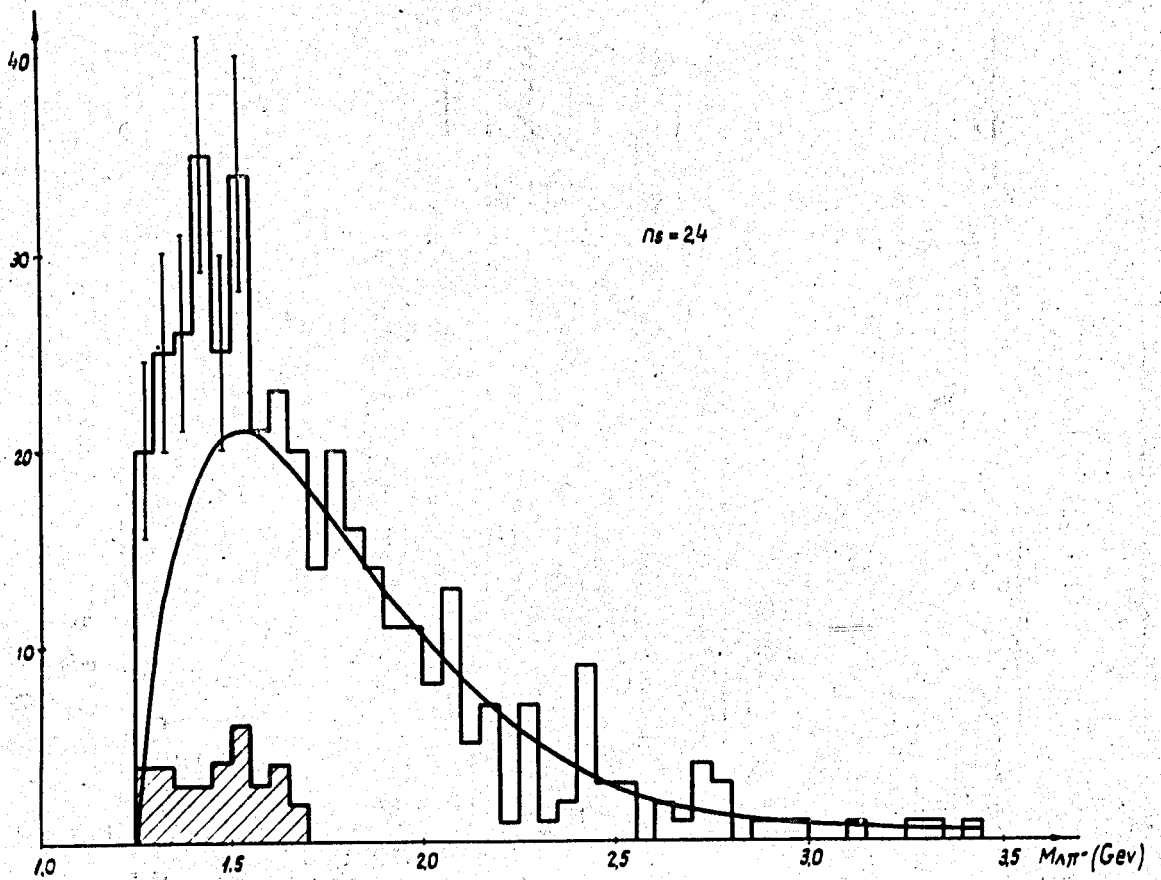
Р и с. 18.

Распределение $M_{\Lambda^0 \pi^+ \pi^-}$ для 4-лучевых звезд. Заштрихованная область соответствует случаям с $1,3 \text{ БэВ} \leq M_{\pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-} \leq 1,4 \text{ БэВ}$.



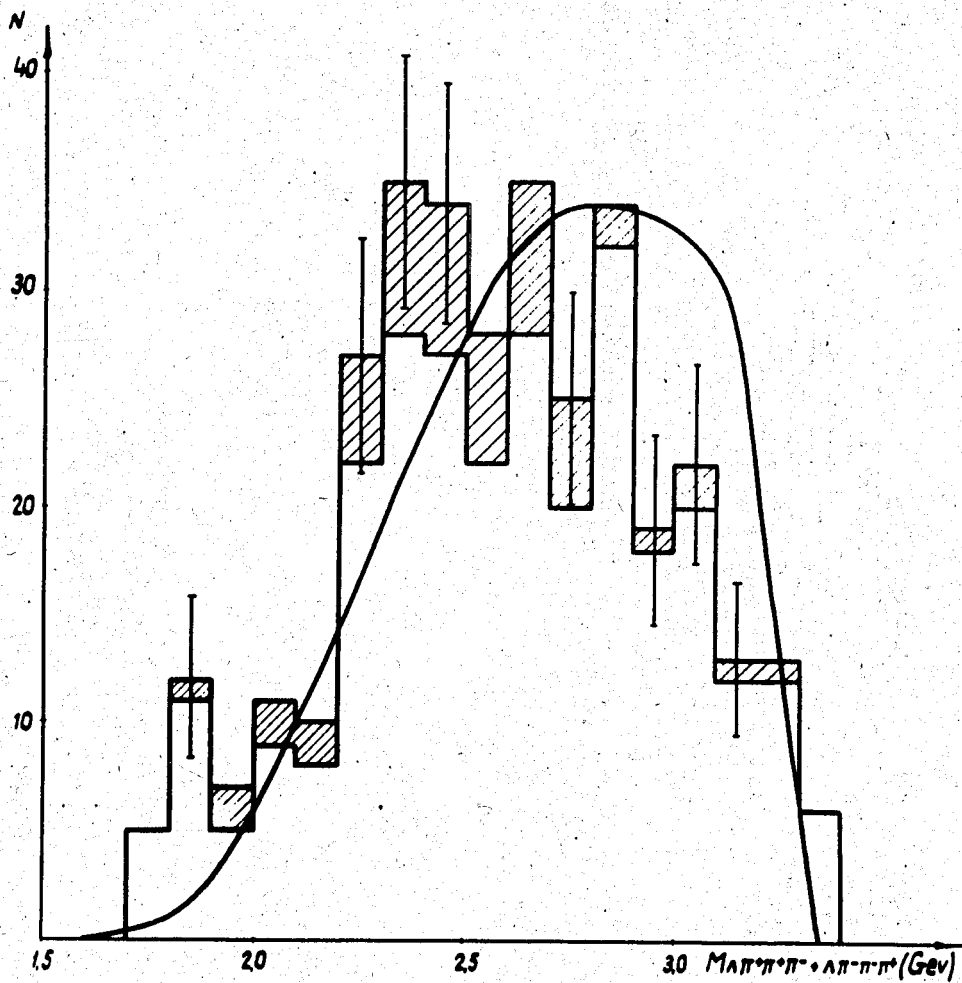
Р и с. 14.

Распределение $M_{\Lambda\pi^+}$ для 2- и 4-лучевых звезд. Фазовая кривая нормирована на значения выше 1,65 Бэв. Заштрихованная область - случаи, для которых $1,7 \text{ Бэв} \leq M_{\Lambda\pi^+} \leq 1,9 \text{ Бэв}$.



Р и с. 15.

Распределение $M_{\Lambda\pi^-}$ - для 2- и 4-лучевых звезд. Фазовая кривая нормирована на значения выше 1,65 Бэв. Заштрихованная область - случаи, для которых $1,7 \text{ Бэв} \leq M_{\Lambda\pi^-} < 1,9 \text{ Бэв}$.



Р и с. 16.

Распределение $M_{\Lambda^+ \pi^+ \pi^-}$ для 4-лучевых звезд. Заштрихованная область соответствует случаям с $1,3 \text{ Бэв} \leq M_{\pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-} < 1,4 \text{ Бэв}$.