

1164

✓

8
Л93

2.3.



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория высоких энергий

В.Б. Любимов, Му-Цзунь, М.И. Подгоренный, С.И. Портнова,
В.Н. Стрельцов, З. Трка.

P - 1164

ПОИСКИ РАДИАЦИОННЫХ РАСПАДОВ
РЕЗОНАНСНЫХ СОСТОЯНИЙ.

Дубна 1963 год

В.Б. Любимов, Му-Цзунь, М.И. Подгорецкий, С.И. Портнова,
В.Н. Стрельцов, З. Трка.

Р - 1164

ПОИСКИ РАДИАЦИОННЫХ РАСПАДОВ
РЕЗОНАНСНЫХ СОСТОЯНИЙ

Дубна 1963 год

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

1748/3 ч8

А н н о т а ц и я

На основании анализа энергетического спектра γ - квантов, образующихся в $\pi^- N$ - и $\pi^- C$ - взаимодействиях при $E_{\pi^-} = 7$ Бэв, сделан вывод о существовании радиационного распада η -мезона. Сообщаются предварительные результаты поисков радиационных распадов по схемам: $x_1 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$ и $x_2 \rightarrow \pi^\pm + \gamma$.

L.B. Lyubimov, Mu-tzung, M.I. Podgoretsky, S.I. Portnova, V.N. Streltsov, Z. Trka

SEARCH FOR RADIATIVE DECAYS OF RESONANCE STATES

Abstract

By analysing the energy spectra of γ -quanta produced in $\pi^- N$ and $\pi^- C$ interactions at $E_{\pi^-} = 7$ BeV, the conclusion is drawn that there exists a radiative decay of a η -meson. Preliminary results of the search for the radiative decays via the schemes $x_1 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$ and $x_2 \rightarrow \pi^\pm + \gamma$ are reported.

В работе ^{x/} использовались фотографии, полученные на 24 л пропановой пузырьковой камере, помещенной в пучок π^- -мезонов с импульсом $16,8 \pm 0,6$ Вэв/с.

При просмотре отбирались взаимодействия первичных π^- -мезонов, которые сопровождались, по крайней мере, одной электронно-позитронной парой, образованной γ -квантом. Фотографии были просмотрены дважды, и общая эффективность нахождения событий с e^-e^+ -парами составила $\approx 98\%$. Отобранные случаи были измерены, по результатам измерений были вычислены импульсы всех вторичных частиц, а также импульсы электронов и позитронов из e^-e^+ -пар. После измерений по известным критериям ^{12/} были выделены взаимодействия π^- -мезонов с нуклонами.

Изложенные ниже результаты, основаны на анализе 395 неупругих π^-N -взаимодействий, содержащих 454 e^-e^+ -пары. Кроме этого, мы использовали 155 взаимодействий первичных π^- -мезонов с ядрами углерода, которые сопровождались 185 e^-e^+ -парами.

На рис. 1 приведен энергетический спектр γ -квантов в лабораторной системе координат /л.с.к./ для π^-N -взаимодействий. При построении спектра были внесены поправки, учитывающие зависимость эффективности регистрации γ -квантов по e^-e^+ -парам от энергии и геометрических условий /см. ^{12/}/. Как видно из рис. 1, в спектре кроме максимума, связанного с распадом π^0 -мезонов, имеется второй максимум при $E_\gamma = 250 \div 300$ Мэв. Не исключено, что в интервале $E_\gamma = 500 \div 800$ Мэв наблюдается еще одна аномалия. Эти аномалии проявляются также на гистограмме рис. 2, где приведен суммарный спектр γ -квантов, испущенных из π^-N - и π^-C -взаимодействий. Полученные результаты указывают на существование дополнительных источников γ -квантов, не связанных с распадом π^0 -мезонов, что отмечалось ранее в работах ^{13/ 14/}.

Что касается максимума при $E_\gamma = 250 \div 300$ Мэв, то его сравнительно малая ширина $\Delta E \approx 50$ Мэв/ позволяет предположить, что он связан с двухчастичным распадом некоей достаточно медленной частицы. Если ограничиться рассмотрением надежно установленных резонансов, то в качестве возможных, будем иметь два типа распада η -мезона: $\eta \rightarrow 2\gamma$ /1/ или $\eta \rightarrow \pi^0 + \gamma$ /11/ ^{xx/}. В этом случае в системе покоя η -мезона будут образовываться γ -кванты с энергией 273 Мэв /1/ или 258 Мэв /11/, если $m_\eta = 548$ Мэв/с ^{2/5/}. Сравнительно большая средняя ошибка ^{xxx/} в определении энергии γ -квантов и малая статистика не позволяют сделать однозначного вывода о том, какая именно возможность реализуется. Следует, впрочем, отметить, что соответствующая идеограмма /см. рис. 1/ имеет максимум при E_γ , отвечающей распаду $\eta \rightarrow 2\gamma$. Число γ -квантов, относящихся ко второму максимуму, составляет $\approx 1/20$ от всех γ -квантов.

^{x/} Часть полученных результатов была изложена в статье ^{11/}.

^{xx/} Отметим, что образование γ -квантов с энергией, соответствующей области второго максимума, возможно также в результате распада изобары $I \rightarrow N + \gamma$. Однако, по нашим оценкам, вклад от указанного распада должен быть пренебрежимо малым.

^{xxx/} В области второго максимума она составляет около 10%.

Предположение о том, что возникновение второго максимума связано с распадом η -мезона на два γ -кванта, находится в согласии с высказанными ранее соображениями в пользу квантовых чисел η -мезона 0^{-+} /см., в частности, наиболее подробную работу /6/. В то же время следует указать, что распад η -мезона по схеме $\eta \rightarrow \pi^0 + \gamma$ встречает серьезные возражения, рассмотренные, например, в /7/.

Выводы о существовании радиационного распада η -мезона были сделаны Менкуччини и др. /8/, а также Хретиеном и др. /9/ x/ /см., кроме того, /10/.

С целью выяснения других возможных источников γ -квантов, мы занимались поисками радиационных распадов резонансов с участием заряженных π -мезонов. В частности, была исследована возможность образования γ -квантов в результате распада некоторой системы по схеме $x_1 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$. Для этого были вычислены эффективные массы $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$ указанных систем ^{xxx/} для всех π^-N -взаимодействий. Распределение величин $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$, построенное с учетом эффективности регистрации γ -квантов, не имеет достаточно четких максимумов /рис. 3/. Однако, после того как было проведено разбиение случаев по энергиям γ -квантов, для событий с $E_\gamma = 500 \div 800$ Мэв в спектре эффективных масс стал наблюдаться максимум в районе $M_{\pi^+\pi^-\gamma} = 750 \div 850$ Мэв /рис. 4, сплошная гистограмма/, соответствующий массе ω -мезона. Для случаев с γ -квантами, энергия которых заключена в интервалах $E_\gamma = 0,3 \div 0,5$ Бэв и $E_\gamma = 0,8 \div 1,0$ Бэв, распределение имеет равномерный характер /рис. 5 и 6, соответственно/.

Для контроля в случаях, представленных на гистограмме рис. 4, были вычислены $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$ при условии, что π^\pm -мезоны и γ -квант принадлежат разным взаимодействиям. Полученное распределение величин $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$ приведено на рис. 4 в виде плавной кривой. С той же целью для указанных случаев были вычислены эффективные массы систем, распадающихся на два π -мезона одного знака и γ -квант ($M_{\pi^\pm\pi^\pm\gamma}$), распределение которых также представлено на рис. 4 /пунктирная гистограмма/. Характер распределений на рис. 4 пока не позволяет нам с определенностью связывать максимум в распределении $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$ с существованием распада ω -мезона по схеме $\omega \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma$.

Для решения вопроса необходимо дальнейшее расширение статистики.

Другая исследованная нами возможность образования γ -квантов связана с поиском радиационного распада по схеме $x_2 \rightarrow \pi^\pm + \gamma$. Для этой цели были вычислены эффективные массы $\pi^\pm\gamma$ -систем / $M_{\pi^\pm\gamma}$ /. Распределение этих величин, построенное с учетом эффективности регистрации γ -квантов, приведено на рис. 7 /сплошная гистограмма/. Контрольное распределение эффективных масс $M_{\pi^\pm\gamma}$, вычисленных при условии, что π^\pm -мезоны и γ -квант принадлежит к разным взаимодействиям, отмечено на рис. 7 пунктирной гистограммой. На рис. 7 нанесены, также

x/ В работе /9/ приведены аргументы в пользу распада $\eta \rightarrow 2\gamma$. К сожалению, следует отметить, что авторы не провели аналогичного рассмотрения процесса $\eta \rightarrow \pi^0 + \gamma$, в связи с чем, с чисто экспериментальной точки зрения, его пока что нельзя считать исключенным.

xx/ Средняя ошибка в определении $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$ составляла 5%.

xxx/ Аналогичный результат был также получен другой группой в нашей Лаборатории /11/.

фазовые кривые, соответствующие реакции $\pi + N \rightarrow N + k\pi$, рассчитанные в предположении, что γ -кванты образуются от распада π^0 -мезона. Сравнение распределений, приведенных на рис. 7, позволяет заключить, что максимум при $M_{\pi^{\pm}\gamma} = 200\div 300$ Мэв/с², по-видимому, не связан с существованием какого-либо резонансного состояния, распадающегося по схеме $x_2 \rightarrow \pi^{\pm} + \gamma$.

Отметим, что в распределении $M_{\pi^{\pm}\gamma}$ можно ожидать большого фона от случаев с рождением π^0 -мезона, а также вклада от случаев с распадом η -мезона и т.д. Чтобы в какой-то мере снизить этот фон, мы исключили из распределения $M_{\pi^{\pm}\gamma}$ случаи с $E_{\gamma} < 100$ Мэв, $E_{\gamma} = 250\div 300$ Мэв и с $E_{\gamma} > 500$ Мэв. В полученном таким образом спектре эффективных масс /рис. 8/ наблюдается максимум в районе $M_{\pi^{\pm}\gamma} = 500\div 550$ Мэв/с². На рис. 8 приведено также контрольное распределение $M_{\pi^{\pm}\gamma}$, рассчитанное для этих случаев /пунктирная гистограмма/. Из сопоставления гистограмм на рис. 9 следует, что максимум при $M_{\pi^{\pm}\gamma} = 500\div 550$ Мэв/с² пока что преждевременно связывать с радиационным распадом некоторого резонансного состояния.

В заключение отметим, что в отобранных нами πN -взаимодействиях мы не нашли четких проявлений резонансов типа $x_2 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$.

Мы благодарим В.И. Векслера за внимание к работе, В.Г. Гришина, Г.И. Копылова и Л.Б. Окуня за полезные обсуждения и ряд ценных советов, а также Р.А. Арипова и А.И. Шкловскую за помощь в работе. Авторы благодарны группе лаборантов, принимавших участие в измерениях и расчетах.

Л и т е р а т у р а

1. В.Б. Любимов, Му-Цзунь, М.И. Подгоревский, С.И. Портнова, В.Н. Стрельцов, З. Трка. ЖЭТФ /в печати/.
2. Н.Г. Биргер, Ван Ган-чан, Ван Цу-цзэн, Дин Да-цао, Ю.В. Катышев, Е.Н. Кладницкая, Д.К. Копылова, В.Б. Любимов, Нгуен Дин Ты, А.В. Никитин, М.И. Подгоревский, Ю.А. Смородин, М.И. Соловьев, З. Трка. ЖЭТФ, **41**, 1461 /1961/.
3. D.T.King, Bull. Am. Phys. Soc., **6**, 39 (1961); **7**, 578 (1962); Препринт (1962 г.).
4. В.Б. Любимов, А.В. Никитин, З. Трка. Препринт ОИЯИ, Р-974 /1962/.
5. T.Toohig, R.Kraemer, L.Madansky, M.Meer, M.Nussbaum, A.Pevsner, C.Richardson, R.Strand, M.Block, Proc. 1962 Intern. Conf. of High-Energy Phys. at CERN, p. 99.
6. C.Alff, D.Berley, D.Colley, N.Gelfand, U.Nauenberg, D.Miller, I.Schultz, J.Steinberger, T.H.Tan, H.Brugger, P.Kramer, R.Plano, Phys. Rev Lett., **9**, 325, (1962).
7. R.Gatto, Proc. 1962 Intern. Conf. of High-Energy Phys. at CERN, p. 36.
8. C.Mencuccini, R.Guersoli, G.Salvini, V. S.Silvestrini, Proc. 1962 Intern. Conf. of High Energy Phys. at CERN, p. 33.
9. M.Chretien, F.Bulos, H.R.Crouch, Jr., R.E.Lanou, Jr., I.T.Massimo, A.M.Shapiro, I.A.Averell, C.A.Bordner, Jr., A.E. Brenner, D.R.Firth, M.E.Law, E.E.Ronat, K.Strauch, I.C.Street, I.I.Szymanski, A.Weinberg, B.Nelson, I.A.Pless, L.Rosenson, G.A.Salandin, R.K.Yamamoto, L.Guerriero, F.Waldner, Phys. Rev. Lett. **9**, 127 (1962).

10. M.Meer, R.Kraemer, L.Madansky, M.Nussbaum, A.Pevsner, C.Richardson, R.Strand, T.Toohig, M.Block, S.Orenstein, T.Fields, Proc. 1962 Intern. Conf. of High - Energy Phys. at CERN, p. 103.
11. Nguyen Dinh - Tu, Proc. 1962 Intern. Conf. of High - Energy Phys. at CERN, p. III.
12. М.И. Дымент, Г.И. Копылов. Преприят ОИЯИ, Р-581 /1960/.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 декабря 1962 г.

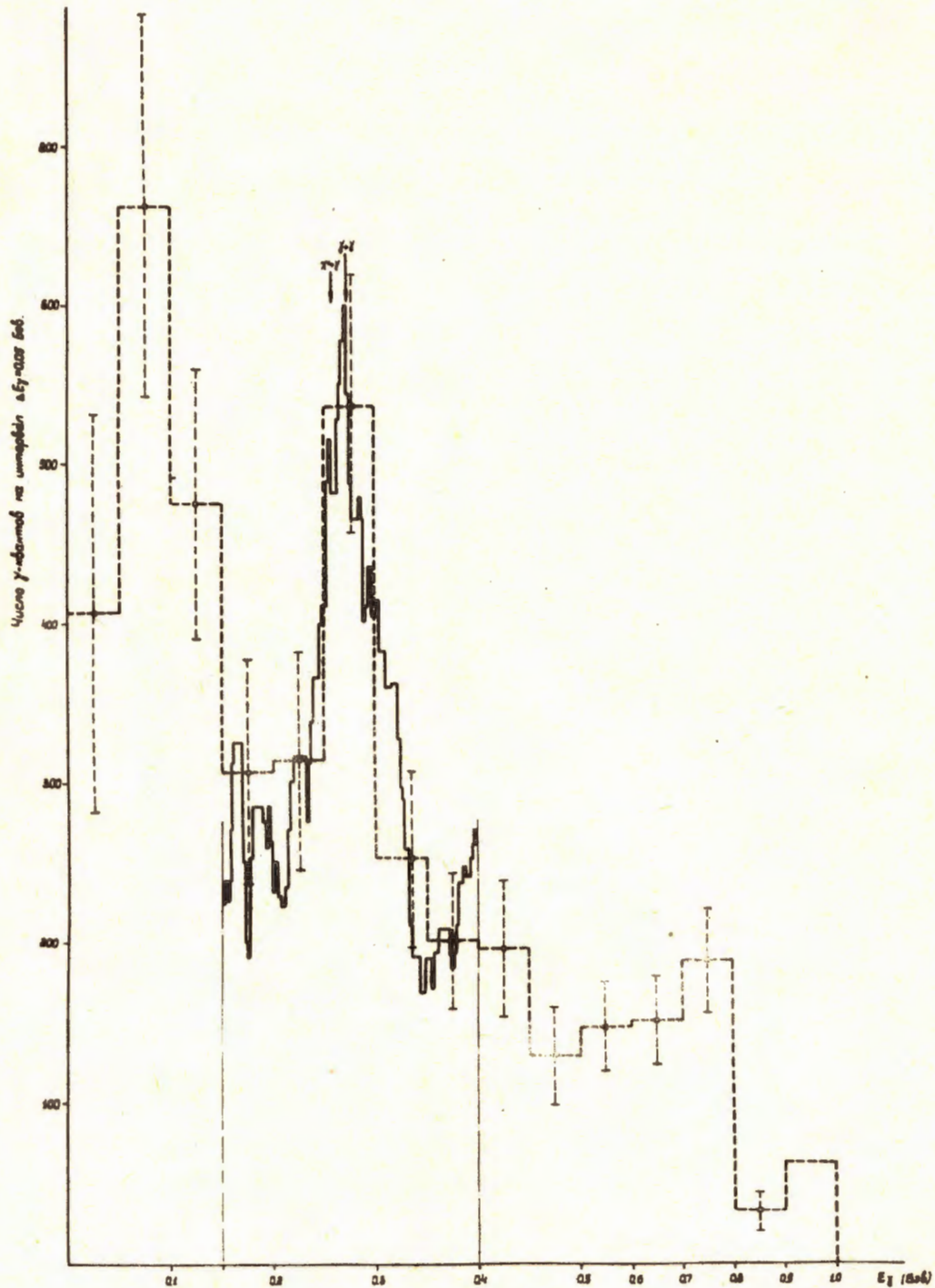


Рис. 1. Энергетическое распределение γ -квантов в л.с.к для $\pi^- \gamma$ -взаимодействий - пунктирная гистограмма, идеограмма - спектр γ -квантов для $E_{\gamma} = E = 150-400$ МэВ.

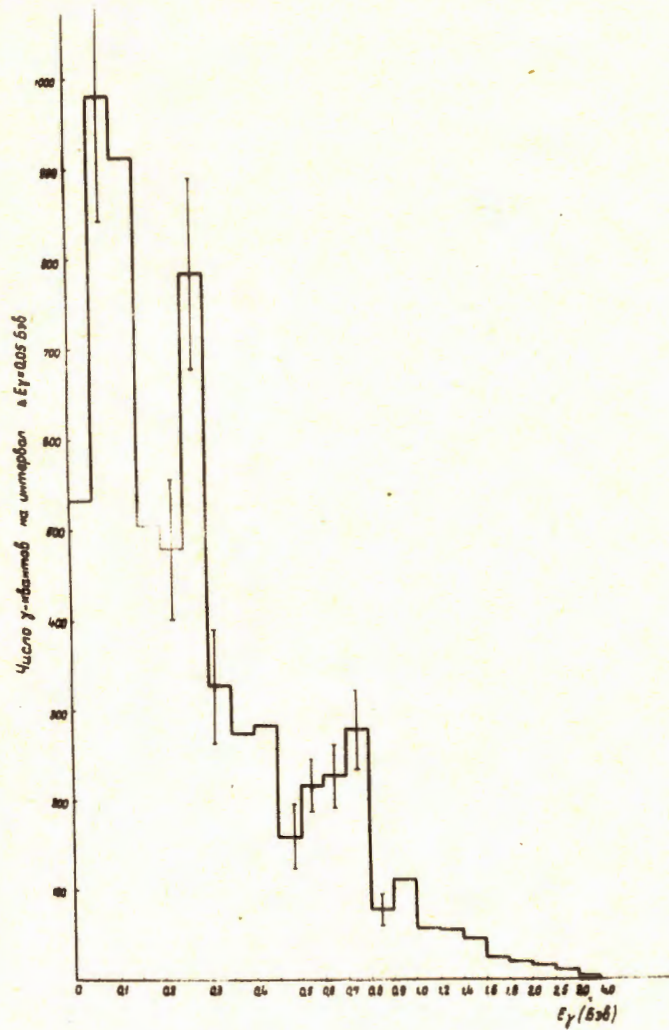


Рис. 2. Суммарное энергетическое распределение γ -квантов в л.с. для $\pi^- N^-$ - и $\pi^- C^-$ - взаимодействий.

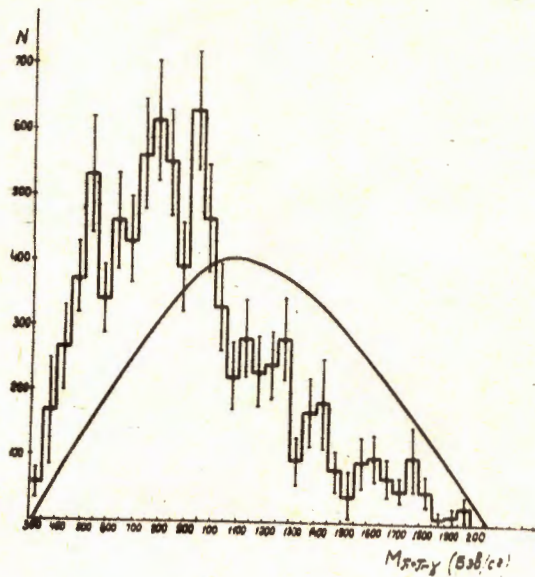


Рис. 3. Распределение $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$ для всех $\pi^- N$ -взаимодействий. Плавная кривая рассчитана по статистической теории при помощи таблиц случайных звезд [12] в предположении, что все γ -кванты образуются при распаде π^0 -мезонов.

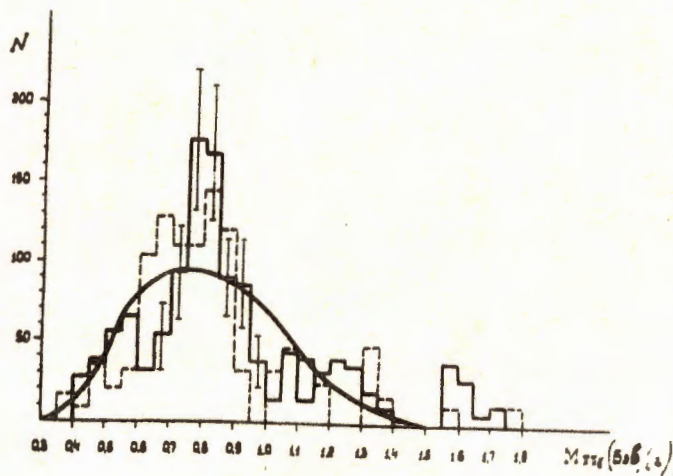


Рис. 4. Распределение $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$ для случаев с $E_{\gamma} = 500-800$ Мэв /сплошная гистограмма/. Пунктирная гистограмма - распределение $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$. Плавная кривая - распределение $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$, полученное при комбинировании π^{\pm} -мезонов и γ -кванта из разных взаимодействий.

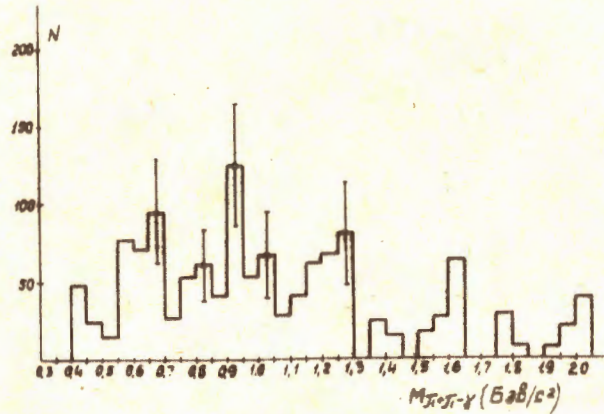


Рис. 5. Распределение $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$ для случаев с $E_\gamma = 0,3 \div 0,5$ Bev.

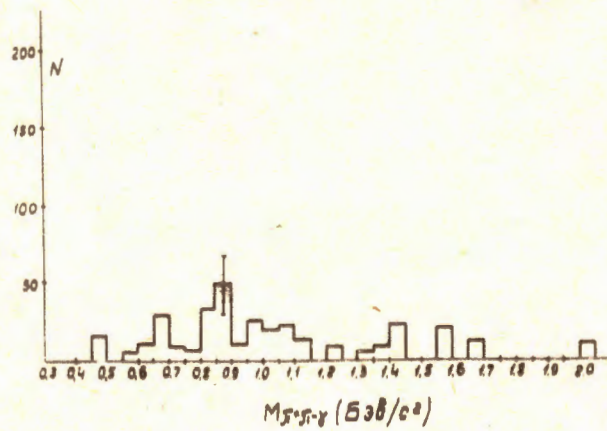


Рис. 6. Распределение $M_{\pi^+\pi^-\gamma}$ для случаев с $E_\gamma = 0,8 \div 1,0$ Bev.

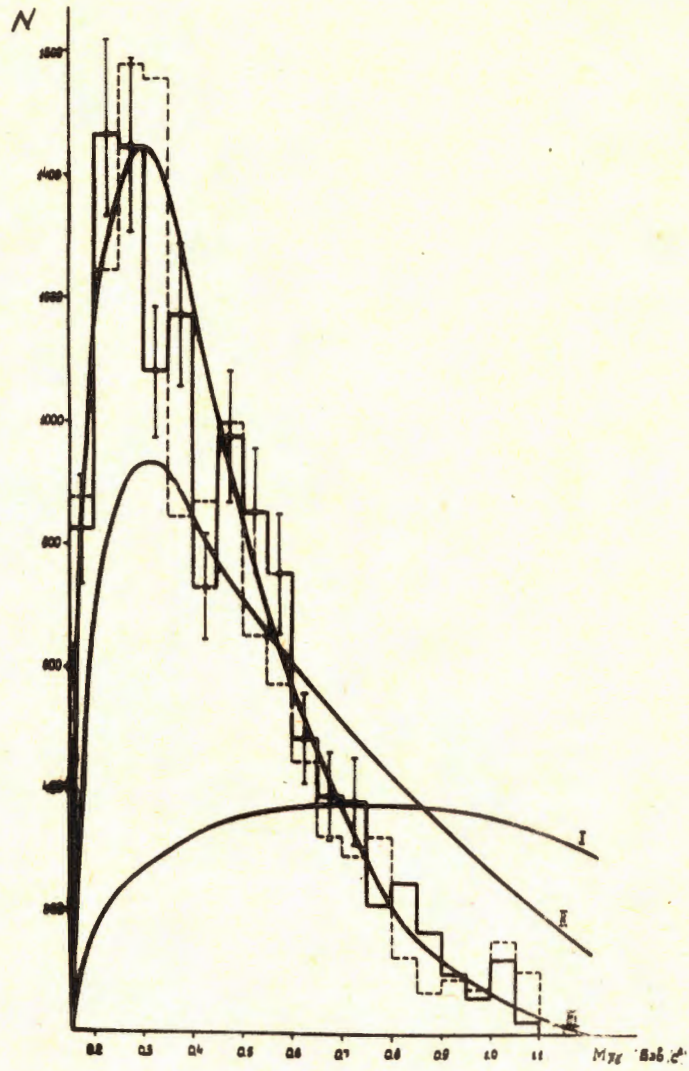


Рис. 7. Распределение $M_{\pi^{\pm}\gamma}$ для всех π^-N -взаимодействий /сплошная гистограмма/. Пунктирная гистограмма - распределение $M_{\pi^{\pm}\gamma}$, полученное при условии, что π^{\pm} -мезон и γ -квант принадлежат к разным взаимодействиям. I, II, III - фазовые кривые, рассчитанные для реакций: $\pi + N \rightarrow N + k\pi$ где $k = 2, 4, 6$, соответственно. *

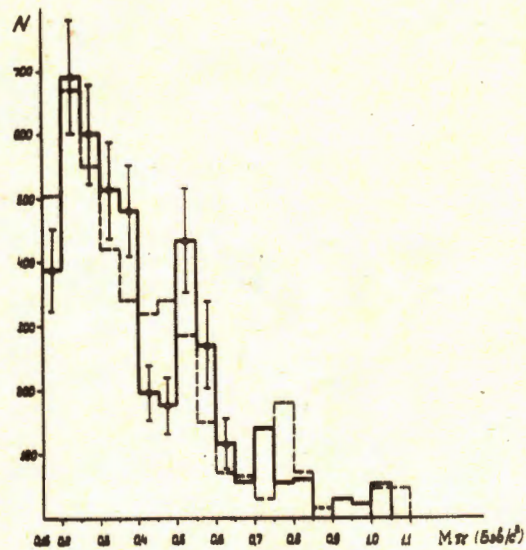


Рис. 8. Распределение $M_{\pi^{\pm}}$, для случаев, имеющих γ -квант с энергией $E_{\gamma} = 100\text{--}250$ Мэв и $E_{\gamma} = 300\text{--}500$ Мэв. Пунктирная гистограмма распределение $M_{\pi^{\pm}}$, вычисленных для этих случаев при условии, что π -мезон и γ -квант принадлежат разным взаимодействиям.