

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

R1 - 4340



Артур Г. Розенфельд \*

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ "НЕНОРМАЛЬНЫЕ" МЕЗОНЫ  
И БАРИОНЫ?

(Перевод Г. Копылова)

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1969

R1 - 4340

Артур Г.Розенфельд \*

СУЩЕСТВУЮТ ЛИ "НЕНОРМАЛЬНЫЕ" МЕЗОНЫ  
И БАРИОНЫ?

(Перевод Г. Копылова)

Научно-техническая  
библиотека  
ОИЯИ

---

\* Artur H. Rosenfeld, Are there any far-out mesons and baryons? Preprint UCRL-18266 May 1968, to be published in Proceedings of the University of Pennsylvania Conference on Meson Spectroscopy, Philadelphia, April 26, 27 (1968).

Чтобы сберечь время читателю, который вздумает здесь искать положительные свидетельства, я сразу же дам ответ на вопрос в заглавии: никаких свидетельств в пользу "ненормальных" мезонов нет<sup>х)</sup>. Я покажу, что число сообщений об экзонах вполне соответствует ожидаемому числу статистических флуктуаций. Если экзоны и рождаются, то с сечением ниже  $10 \mu\text{б}$ . Некоторые свидетельства в пользу сложных барионных сверхмультиплетов были найдены в  $K^+p$ - и  $K^+n$ - взаимодействиях. Хотя эта моя статья посвящена, главным образом, экзонам, я рассмотрю и вопрос об экзобарах, подчеркивая слабые места существующих свидетельств<sup>xx)</sup>.

В работе речь будет идти о следующих вопросах:

1. Свойства экзонов (мезонов с  $|Q| \geq 2$  или  $|I| \geq \frac{3}{2}$ , которые не могут быть образованы парами кварк-антикварк).
2. Отсутствие косвенных свидетельств существования экзонов: нет доказательств обмена виртуальными экзонами.
3. "Каждый год может произойти несколько  $4\sigma$ -флуктуаций в разных каналах". Что делать жертве такой флуктуации?
4. Отсутствие прямых свидетельств. Сводка сообщений об открытии экзонов. Их спектры масс. Призыв к авторам: относиться к таким публикациям с большей ответственностью.

---

х) Английское слово *far-out* в слэнге обозначает нечто необычное, экзотическое, мы будем поэтому переводить его на русский язык и термином "ненормальный" и более благозвучными терминами "экзон", "экзобара". (Перев.).

xx) Эту часть статьи мы не переводили. (Перев.)

5. Статус экзобар:  $K^+ p \rightarrow Z_0(1865)$ ,  $K^+ p \rightarrow Z_1(1900)$ . У нас нет уверенности в существовании хотя бы одного из этих резонансов...

6. Когда резонансы нужно открывать, а когда закрывать? <sup>х)</sup>

### 1. Свойства экзонов

Если мезоны "образуются" только парами "кварк-антикварк", они должны принадлежать 1- и 8- представлениям  $SU_3$  и не могут быть обнаружены далее чем в одном шаге от "дома" - от начала координат диаграммы рис. 1. Это означает, что они должны лежать на (или в) стенах шестиугольной башни, ограниченной с двух сторон линиями  $|Y|=1$ ,  $|Q|=1$ , а с третьей - парой линий постоянного  $V$ -спина.

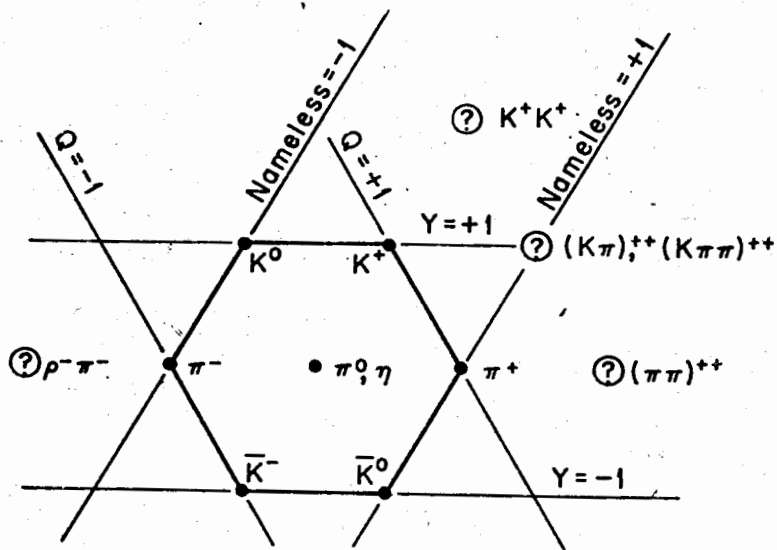


Рис. 1. Известный всем октет, ограниченный линиями  $|Y|=1$ ,  $|Q|=1$  и третьей парой безымянных линий, вдоль которых  $V$ -спин постоянен. Нас будут интересовать "?" вне шестиугольника. Метки  $\pi$ ,  $\eta$ ,  $K$  - это, конечно, только примеры, можно было бы поставить вместо них  $\rho$ ,  $\phi$ ,  $K^*$  и т.д.

<sup>х)</sup> 85 и 86 здесь не приводятся. (Перев.)

Большой интерес вызывает существование мезонов с  $|Y|$  или  $|Q| \geq 2$  <sup>1/1</sup>. Этим кандидатам называют "экзотическими" <sup>2/2</sup>, я предпочитаю слово "ненормальные" <sup>х)</sup>. Поиски таких частиц обсуждал Гольдхабер <sup>2/2</sup>. Это облегчает мою задачу, я просто воспроизведу сначала его мысли.

Таблица 1

Реакции, показанные на рис. 2 и демонстрирующие пики вперед или назад. В 2б и 2с пики направлены только назад, в 2д - только вперед

Рис.	Реакция	Q и Y, уносимые обменными мезоном				Ожидаемые пики	
		Y	Q	пример	Y	Q	пример
2а	$\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$	1	0	$K^*$	0	0	$\Lambda$ вперед и назад
2б	$\pi^- p \rightarrow K^+ \Sigma^-$	1	2	экзон	0	0	$\Lambda$ назад
2с	$K^- p \rightarrow K^+ \Xi^-$	2	2	экзон	0	0	$\Lambda$ назад
2д	$K^- p \rightarrow K^0 n$	0	1	$\rho$	2	1	экзобара вперед

II. Нет обмена виртуальными экзонами - косвенного свидетельства их существования

Известно, что двухчастичные реакции в области нескольких Гэв приводят, вообще говоря, к пикам неупругого рассеяния вперед (мезонный обмен) и назад (барионный обмен). Пик исчезает тогда, когда соответствующая виртуальная частица отсутствует. В своих лекциях Гольдхабер <sup>2/2</sup> приводит несколько иллюстраций этого положения. Иллюстрации подготовлены Баргером. Он выбрал для этого четыре реакции (см. табл. 1 и рис. 2). Интересно, что пик вперед, если он разрешен, достигает величины  $300 \mu\text{б}/\text{стер}$ , а пик назад -  $5-10 \mu\text{б}/\text{стер}$ . Поэтому подавление особенно заметно на пиках вперед (обмен мезоном). Там, где для появления пика вперед был бы нужен экзон, "пик" равен  $1 \mu\text{б}/\text{стер}$  или меньше, т.е. подавлен в 300 раз.

<sup>х)</sup> Мы пользуемся словом "экзоны". (Перев.)

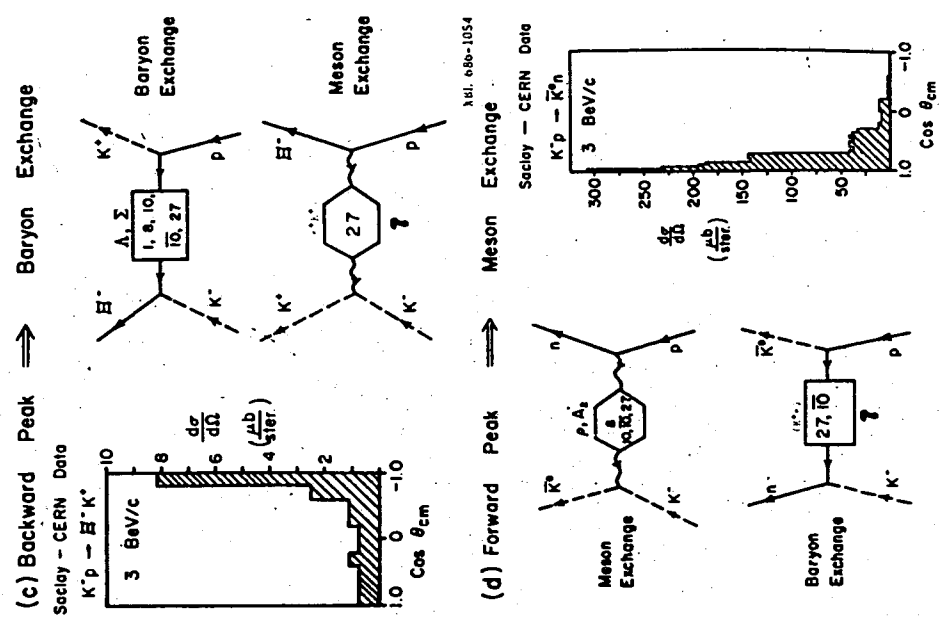
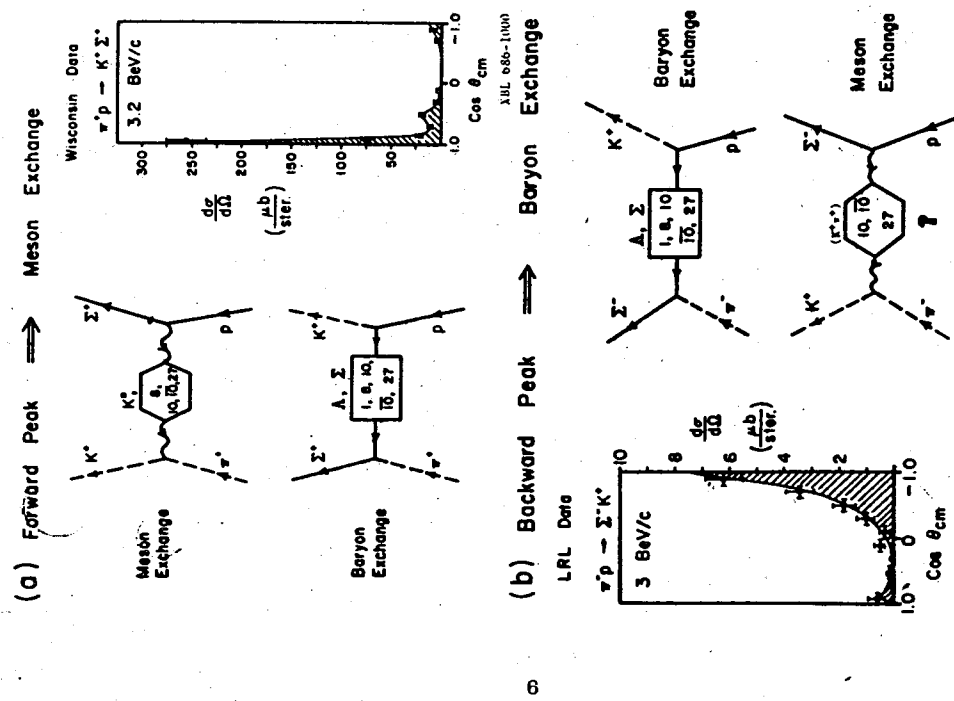


Рис. 2. Пики рассеяния вперед и назад, возникающие при обмене виртуальными частицами.

III. Ожидается несколько  $4\sigma$ -флуктуаций в год

Прежде чем рассмотреть те спектры масс экзонов, в которых были обнаружены пики в комбинациях  $(K\pi\pi)_{3/2^+}$ ,  $(p\rho)^{--}$  и т.д., мы должны решить, каков уровень достоверности пика на 1968 год. Я хочу показать, что хотя экспериментаторы обязаны замечать выбросы в гистограммах на уровне  $3\sigma$ , теоретикам и феноменологам лучше было бы дожидаться, пока эффект зайдет за  $4\sigma$  (удвоение статистики при наличии реального.  $3\sigma$ -пика увеличит его достоверность до  $3\sqrt{2}\sigma = 4,25\sigma$ , следовательно, долго ждать им не придется).

В приложениях к нашей сводке свойств частиц на январь 1967г. /3/ мы представили набор гистограмм, с помощью которого пытались прикрыть  $\kappa$ - и  $\eta$ -мезоны. Мы их ранили, но не уничтожили, зато сами разобрались в кое-каких статистических проблемах, которые возникают, когда каждый год тысяча физиков (включая дипломников), работающих на пузырьковых камерах, продирается через десятки тысяч гистограмм в поисках заметных всплесков, то ли реальных, то ли случайных.

A. Общее число ожидаемых флуктуаций  
(все каналы, все массы)

Число "потенциальных" резонансов, открываемых физиками каждый год, есть произведение количества  $h$  получаемых гистограмм (ниже, в 1, показано, что оно имеет порядок 15000,  $h = 15000$ ) и количества  $t/h$  возможных обманчивых флуктуаций на гистограмме (в 2 показано, что  $t/h \geq 10$ ). Произведение поэтому больше, чем 150000. Но одна флуктуация вверх на уровне  $4\sigma$  должна встречаться примерно после 32000 всплесков вверх, т.е. раз в несколько месяцев! Сейчас мы убедимся в этом.

1). Число  $h$  гистограмм в год. Фаулер, Плано и автор этих строк собрали данные о работах на пузырьковых камерах за год. В табл.2 приведены некоторые последние данные. Из нее видно, что за 1967 г. в США было измерено 1,4 млн. событий. Прибавим наугад 50% на измерения

в других странах. Получим около 2 млн. измерений, главным образом, 4-лучевых событий.

Таблица 2

События в пузырьковых водородных камерах, измеренные в США с сентября 1966 г. по август 1967 г. (исключая опыты по лептонным распадам  $\Sigma$ )

Вторичных следов	Вторичных частиц	Число комбинаций масс	Измеренные события (тыс.)	Число комбинаций масс (млн)
2	2 или	1	500	1
	3	3		
4	4 или	10	1200	21
	5	25		
6	6 или	56	70	6
	7	119		
Всего			$\approx 1700$	$\approx 28$
Считая, что 20% перемеров			$\approx 1400$	$\approx 23$
Накидывая 50% (?) на весь прочий мир			$\approx 2000$	$\approx 35$
Доля на 2500 событий/гистограмму, получаем 15000 гистограмм.				

Если в таком четырехлучевом событии нет незаряженных частиц, то всего возникает 10 массовых комбинаций (шесть попарных + четыре по три). Но если одна из частиц нейтральна, то число комбинаций масс пяти частиц достигнет 25 (10+10+5). Предположим, что тех и других событий поровну: тогда в среднем будет 17 комбинаций масс в каждом событии.

Такого рода расчеты по всем множественностям и по всем странам дают оценку: 35 млн комбинаций масс в год.

Сколько гистограмм строят из этих комбинаций? По журналам видно, что типичная гистограмма масс включает в себя 2500 данных, так что всего получается 15000 гистограмм в год. (Наши данные показывают также, что число измерений в США удваивается каждые два года, усложняя тем самым ситуацию).

2). Число  $f/h$  всплесков/гистограмму. Наша типичная гистограмма из 2500 величин состоит, по-видимому, в среднем из 40 столбцов. Следовательно, физик может обнаружить в ней 40 разных флуктуаций шириной в один столбец, 39 - в два; 38 - в три . . . Ситуация ухудшается, когда физик "что-нибудь" увидит: он тогда пытается повысить пик, делая отбор по  $t$ , беря выборку внутри и вне  $N^*$ -полосы, выделяя полосы  $\rho$  и т.д. К счастью, однако, дело улучшается благодаря опыту вынесения ответственных суждений и благодаря сдерживанию своих порывов. Так, большая часть физиков обычно относится скептически к флуктуациям шириной в один столбец, особенно если разрешение сравнимо с шириной столбца. Они ищут добавочные свидетельства в пользу резонанса: например, какие-то изменения в каких-то угловых распределениях. Эти добавочные усилия плохи лишь тем, что лишают нас возможности дать правильную оценку дроби  $f/h$ .

Мой коллега Г. Линч попытался взамен этого изучить вопрос "опытным путем", составив программу, названную им "Лас Вегас" или "Игра". Игра происходит так. Вы дожидаетесь, пока к вам приходит какой-нибудь приятель со своим свежееоткрытым  $4\sigma$ -пиком. По его гистограмме вы проводите плавную линию (считая пик флуктуацией), и подаете эту линию на вход Игры. Другим входом является сама гистограмма. Если потребовать затем, чтобы машина выдала сотню гистограмм типа Лас-Вегас, то программа "Игра" выдаст их, поместив для сравнения истинную гистограмму на случайно взятую страницу. Затем вы со своим приятелем делаете пробежку по холлам и коридорам, прося встречных указать самую занятую из гистограмм. И часто вместо полученного на самом деле  $4\sigma$ -пика, выделяют одну из ста ее бесплотных двойников. На рис. 3 показана пара таких гистограмм, выбранных кем-то из сотни. Плавные линии, проведенные на них, конечно, смысла не имеют; это как бы оценки фона, сделанные рукой неопытного физика. Но они показывают, что флуктуации на уровне  $2\sigma - 3\sigma$  легко усиливаются до " $4\sigma$ " и " $5\sigma$ ", нужен только элементарный энтузиазм.

В итоге заключаем, что каждая из 15000 гистограмм в год способна создать от 10. до 100 обманчивых выбросов вверх; для осторожности прием цифру 10.

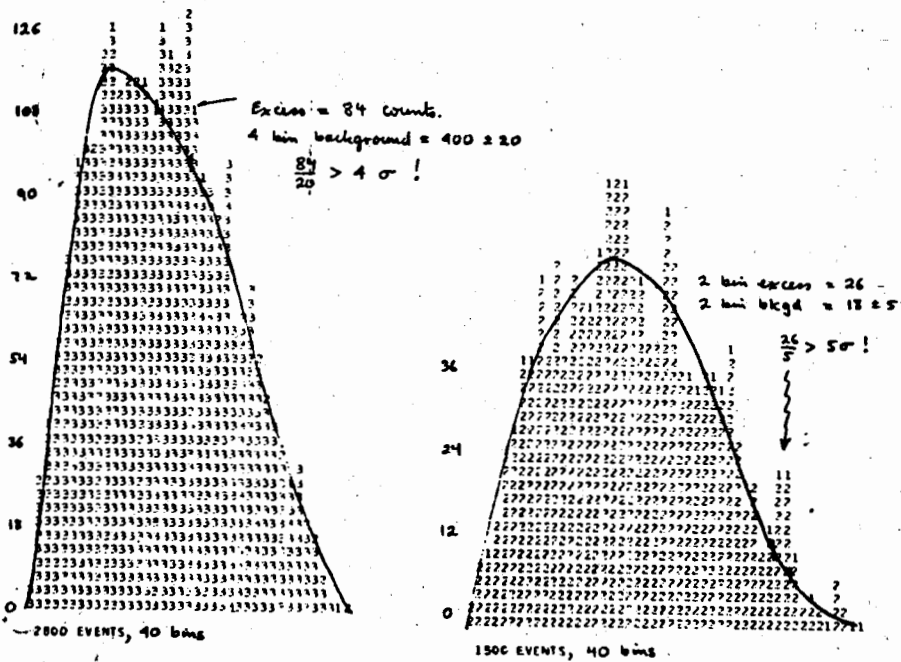


Рис. 3. Две гистограммы "Лас Вегас", разыгранные программой "Игра".  
 Надписи: избыток = 84 события, фон 4 столбцов =  $400 \pm 20$ ,  
 $\frac{84}{20} > 4\sigma$  ! избыток в 2 столбцах = 26, фон -  $18 \pm 5$ ,  $\frac{26}{5} > 5\sigma$  !

Я повторяю теперь предостережение, сделанное в начале этого параграфа: в настоящее время мы генерируем по крайней мере 100000 потенциальных выбросов в год и должны встретить несколько  $4\sigma$ - (и сотни  $3\sigma$ -) флуктуаций.

Какова же мораль? Для теоретика и феноменолога она проста: дожидаться эффектов на уровне  $5\sigma$ . Хуже обстоят дела у экспериментальной группы, затратившей на этот пик год времени и миллион долларов. Я советую им смело шагнуть вперед и публиковать свой дорогой пик (хотя бы в виде отчета). Но нужно при этом понимать, что любой выброс меньше  $5\sigma$  - только сигнал к повторению опыта. Пусть эта или другая

группа удвоит статистику, тогда стандартное отклонение, если оно реально, возрастет в  $\sqrt{2}$  и подтвердит первоначальную заявку.

В связи с этим П. Морфи отметил, что большая часть экспериментаторов все равно строит гистограммы уже в момент, когда измерена лишь половина событий. Он рекомендовал публиковать свои данные как два независимых эксперимента, подтверждающих или зачеркивающих друг друга. Не думаю, что это хорошо. Если вы уже получили пик в  $4\sigma$  по половине ваших данных, то лучше увеличьте его до  $4\sqrt{2}\sigma$  по всем данным; в противном случае он сам исчезнет.

### В. Флуктуации в данном столбце (например, каппа-мезон)

В этом случае легко оценить число потенциальных пиков  $\kappa$ -мезона ( $m = 730$  Мэв) в год. Более трети всех измеряемых событий, по-видимому, относится к трехчастичным конечным состояниям с одним  $\kappa$ -мезоном и одним  $\pi$ -мезоном. В этом событии можно составить две  $\kappa\pi$ -комбинации. Табл. 2 показывает, что мы получаем до миллиона  $\kappa\pi$ -комбинаций в год. Собирая их, как и прежде, по 2500 штук в одну гистограмму, мы получаем 400 гистограмм ежегодно. В каждой из них только один столбец приходится на массу  $\kappa$ -мезона, в этих 400 потенциальных резонансах ожидается примерно один выброс порядка  $3\sigma$ . Впечатление такое, что это согласуется со скоростью появления новых подтверждений существования  $\kappa$ -мезона.

В самом деле, вспомним историю  $\kappa$ -мезона. При первом появлении он был более убедителен, чем многие другие тогдашние резонансы, развеянные с тех пор ветром времени. Но он не был удовлетворительно подтвержден фактами и вплоть до настоящего времени лучше всего было считать его флуктуацией. (Я повторяю мысли работы <sup>/3/</sup>). До сих пор были отмечены пять заметных выбросов и несколько меньших. Но каждый раз новый эксперимент, поставленный с целью подтверждения открытия  $\kappa$ -мезона, кончался неудачей. В то же время (если статистика была велика) другой эксперимент зачастую вновь обнаруживал  $\kappa$ -мезон

в другом канале. В итоге существование  $\kappa$ -мезона непрерывно зависит целиком от трех неподтвержденных "показаний очевидцев". Все это до мелочей смахивает, на мой взгляд, на проблему летающих блюдцев: они продолжают появляться, но всегда в новом месте, и никогда не удается воспроизвести их появление. Мне кажется, что мы вскоре научимся не поддаваться обману частых больших флуктуаций.

#### IV. В спектрах масс нет прямых доказательств

Я сделаю сейчас краткий обзор четырех экзотных спектров масс (рис. 1) и попутно произнесу несколько жалоб на те партизанские методы, которыми сделаны сообщения об их открытии, моля о большей четкости и вразумительности подобных сообщений.

$$A_s (\pi\pi)^{\pm\pm} \text{ и } (K\pi)^{++}$$

К моему удивлению, я не нашел в этих простых спектрах никаких указаний на рождение резонансов с сечением выше  $10 \mu\text{б}$ . Для примера см. рис. 4а.

Я считаю, что возникла нужда в изучении реакции  $\pi^+ p \rightarrow n X^{++}$  электронными (спектроскопическими) методами, подобными тем, какими группа Маглича в ЦЕРН'е провела изучение  $\pi^- p \rightarrow p X^-$ .

В.  $\rho^- \pi^-$  (1320,  $\Gamma=150$ ). Этот пик был замечен Вандерхагеном и др. /3/ в реакции при 5 Гэв/с  $\pi^- d \rightarrow pp \pi^- \pi^0 \pi^-$ .

На рис. 4б показан их  $\rho^- \pi^-$ -спектр. Они отмечают выброс величиной в  $4\sigma$  (по-моему, он ближе к  $3\sigma$ ) из 39 событий над фоном, что отвечает сигналу в  $15 \mu\text{б}$ . Как я уже говорил в § III, можно сделать единственный вывод: опыт нужно повторить. Опыт при более низких энергиях (2,26 Гэв/с) был проведен Бенвенути и др. /36/. Событий у них столько же, но спектр кончается на 1300 Мэв, так что о пике при 1320 Мэв они ничего сказать не могут, зато отмечают  $\rho^- \pi^-$ -пики при 970 и 1180 Мэв, но мне кажется, что провал между пиками всего-навсего  $2\sigma$ -флуктуация, слегка усиленная чересчур энергичным отбором  $\rho$ -мезонов. (Хорошо известно, что выбор  $\rho$ -мезонов из  $3\pi$ -спект-

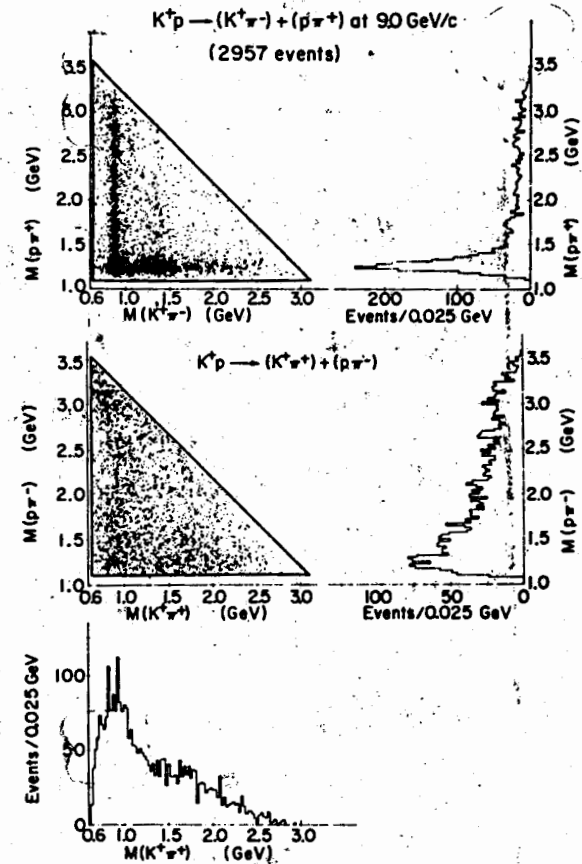


Рис.4а.  $(K\pi)^{++}$  (и другие) спектры, от  $K p \pi^+ \pi^-$  с энергией 9 Гэв. Каждые 5 событий в этом типичном опыте отвечают  $1 \mu\text{б}$ . Этот рисунок является предостережением: он показывает, что заметных максимумов с сечением более  $10 \mu\text{б}$  нет ни в  $K^+ p$  ни в  $p \pi^-$  (за исключением  $\Delta^0$  (1236)), хотя в состоянии  $p \pi^-$  (которое лучше изучать в  $s$ -канале) найдено до дюжины резонансов. Рисунок взят из работы /12/.



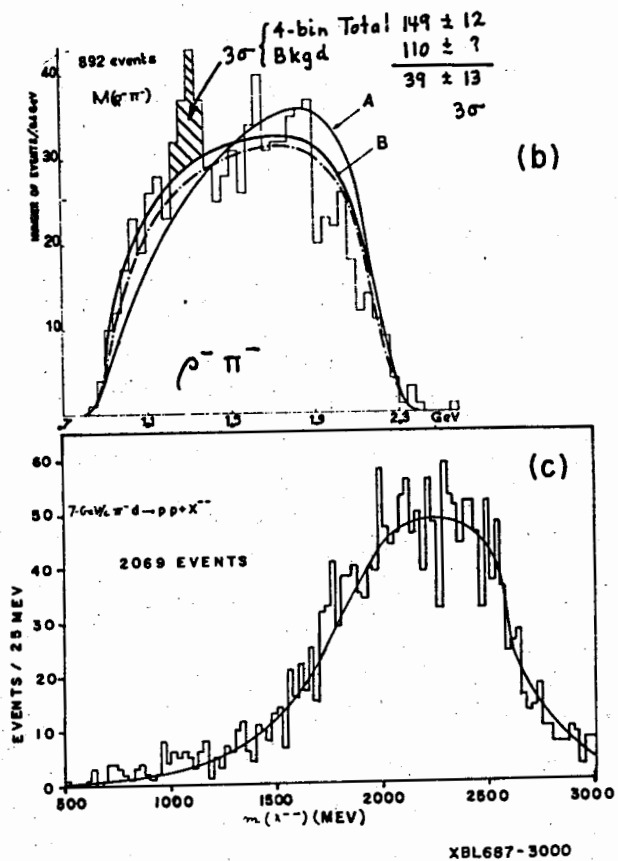


Рис.46. Пик в  $\rho^- \pi^-$  от реакции  $\pi^- d \rightarrow p p \pi^- \pi^0 \pi^-$  с энергией 5 Гэв. Кривая А - фазовый объем, нормированный на все события. Кривая В - 80% фазового объема, 20% эффекта Декка, нормирована вне пика  $\rho^- \pi^-$  (из /3a/, Вандерхаген и др.); (с): спектр масс двузарядной мезонной системы  $X^{--}$ , образуемой в реакции  $\pi^- d \rightarrow p p X^{--}$ . Все пики  $< 8 \mu\text{б}$  (из работы Каца и др. /36/).

ров приводит к пикам при 1000 и 1300 Мэв. Это было впервые указано Бенсоном и др. /10/ и затем ясно продемонстрировано Фунгом и др. /11/.

С. Другие двузарядные спектры. В них нет ничего выше  $10 \mu\text{б}$ . Для примера на рис. 46 показан спектр, найденный Кацем и др. /35/.

Д.  $(K\pi\pi)_{3/2}^{++}$  (1270) и  $(K\pi\pi)^{++}$  (1170).

1.  $(K\pi\pi)_{3/2}$  (1270,  $\Gamma=60$ ). Было две серии сообщений об этом резонансе. Сперва его видели Бек и др. (ЦЕРН) в  $p\bar{p}$ -столкновениях при энергии 3-4 Гэв. В своем докладе 1965 г. /4/ я соединил окончательные данные ЦЕРН'а (их статистика увеличилась, тем временем со 182 до 257 событий) с распределением из Иейла, и ничего выразительного при этом не получил.

Кроме того, появилось и короткоживущее сообщение о пике в  $K^+ \pi^-$  спектре от 3 Гэв/с  $K^+ p \rightarrow \Delta K^* \pi^-$ . Гольдхабер в 1965 г. /5/ объявил, что и этот пик время размыло.

Может показаться, что появились новые данные - вторая статья Френча и др. (ЦЕРН, Бирмингем) /6/. Но это та же группа Бека и др. В этой статье появляется (новый?)  $K^* \pi^-$  пик в  $p\bar{p}$ -взаимодействиях с энергией 3-4 Гэв. В ней нет ссылок на противоречащие этим данным работы, нет упоминаний ни о моем докладе, ни о докладе Гольдхабера. Но пусть это не вводит читателя в заблуждение. События их - те же, которые они давали для включения в рис. 62 моего доклада в Оксфорде /4/.

2.  $(K\pi\pi)^{++}$  (1170). Здесь имеется пять независимых сообщений, и читатель может подумать, что такой резонанс и впрямь существует (в чем я сомневаюсь). Первые данные сведены в рис. 5 (стр. 52 моего доклада /4/) - это первое сообщение Ванглера и др. /7/ (бесспорно, впечатляющее), и данные Миллера и др. /7/. Сюда включены, однако, также спектры Харди и др. /7/, в которых пика не было. Кривая справа - это сумма всех данных на 1965 г. К тому времени не было никаких указаний на то, что изотопный резонанс может оказаться необычным.

Затем Бишоп и др. /7/ обнаружили нечто вроде подъема в  $(K\pi\pi)^{++}$ , создаваемых в  $K^+ p$  при 3,5 Гэв/с. Имеется еще препринт Гошоу и др. (/6/, /7/), который, видимо, представляет собою данные Бишоп и др., увеличенные в 5/3. Рис. 6 - соответствующая страница их препринта.

Figure 51  
Wangler et al. (Wisconsin)  
3.0 GeV/c  $\pi^-$ , 164 events

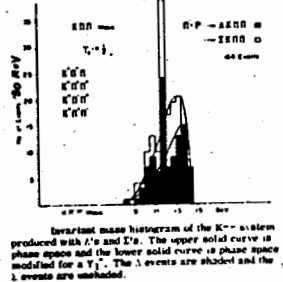


Figure 52

Hardy et al. (LRL)

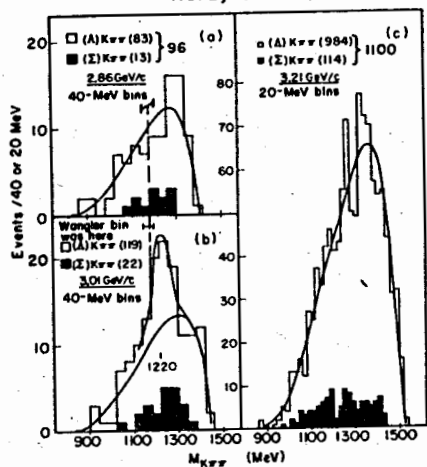


Figure 53  
Miller et al. (Purdue)  
2.7 GeV/c  $\pi^-$   
242 events

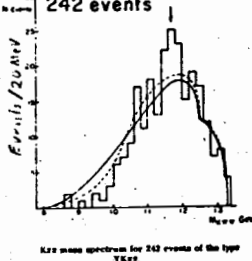


Figure 54

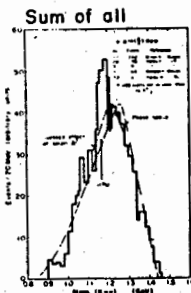


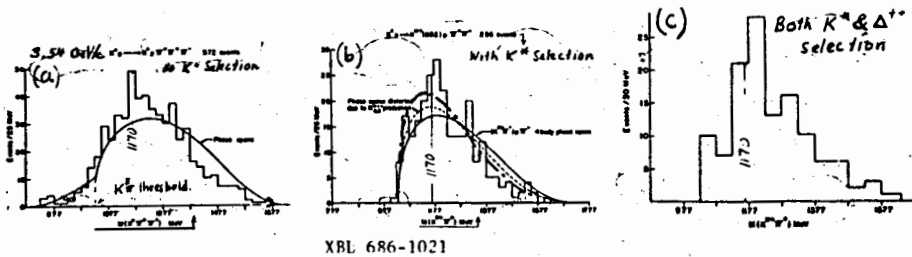
Рис.5.  $(K\pi\pi)^{++}(1170)$ . Первая реакция:  $\pi^- p$ . Из обзора Розенфельда<sup>/4/</sup>.

Пик этот не кажется мне уж очень останавливающим на себе внимание. Здесь же, на рис. 7, показано сравнимое число событий, обнаруженных при более повышенной энергии - 4,6 Гэв/с. Чертеж сделал Чу Мин-фу из группы Гольдхабера-Триллинга, применяя те же критерии отбора, ширину столбцов и т.д., что и Гошоу и др. Он не подтверждает и не отрицает пика в  $(K\pi\pi)^{++}$ .

Еще одно замечание по поводу работы Гошоу и др. Они считают, что резонанс может быть проявлением "треугольной особенности", указанной Мансом и др. В 1964-66 гг. многие думали, что при некоторых энергиях, по аналогии с классическим перерасеянием, могут существовать квантово-механические особенности, которые приведут к появлению резонансов. В 1967 г. Х. Шмид показал, что так не бывает<sup>/8/</sup>; я думаю, что сейчас и другие теоретики, работавшие с треугольными особенностями, согласны с тем, что, хотя перерасеяние и может перетряхнуть события на диаграмме Далица, но оно не может обогатить эту диаграмму добавочными событиями<sup>х)</sup>. Последнее сообщение о  $(K\pi\pi)^{++}(1170)$  принадлежит Барнхэму и др.<sup>/7/</sup>. Они нашли пик при 1170 Мэв от  $K^+$  с энергией 10 Гэв, но не в том канале, где видели свой пик Гошоу и др. Все это вместе начинает смахивать на  $K^-$ -мезон.

Когда потратишь время на то, чтобы разобраться во всех этих противоречивых сообщениях, начинает раздражать манера, в какой пишутся эти статьи. Чересчур часто стиль таков: "Интересующий нас пик был открыт группой X и др.<sup>/1/</sup> и подтвержден группой Y и др.<sup>/2/</sup>, хотя при высших энергиях пик не проявляется". И никаких ссылок на сходные опыты, в которых пик не был замечен, пусть хоть три раппортера обсуждали и закрыли этот пик. Слишком часто не указано, что данные на рис. X не все новы, а являются продолжением более ранней публикации, опирающейся на половину всей статистики. По-моему, авторы должны все-таки жалеть бедного запутавшегося читателя.

х) Прим. переводчика: это утверждение Розенфельда ошибочно: "обогащение" диаграммы пропорционально ширине резонансного взаимодействия, а Шмид всего лишь показал, что оно  $\rightarrow 0$  при  $\Gamma \rightarrow 0$ . См. по этому поводу основополагающую работу Валуева<sup>/13/</sup>.



XBL 686-1021

Рис.6. Возможное свидетельство в пользу пика в  $K^{*+}\pi^{+}$  от 3,54 ГэВ/с  $K^+p \rightarrow K^0 p \pi^+ \pi^+ \pi^-$  (Гошоу и др., /17/). Сплошная кривая на (б) - фазовый объем для рождения  $K^* p \pi \pi$ , пунктирная кривая учитывает рождение  $\Delta^{++}$ . Я видоизменил ее двойко, чтобы получить штрихпунктирную кривую: (1) фазовый объем 4 частиц (в предположении рождения  $K^*$ ) может быть получен из фазового объема 5 частиц (с прямым рождением  $K\pi$ ) умножением на  $\delta$ -функцию  $\delta(m^2(K\pi) - 893^2)$ . Но на самом деле на диаграмме Далица для  $K\pi\pi$  имеется две полосы конечной ширины. Поправка, равная отношению площади полос конечной ширины к площади  $\delta$ -функций, сдвигает пик в спектре к меньшим массам  $K^*\pi$ . См. /10, 11/. 2) в опыте происходит отбор событий с малыми передачами импульса системе  $K^*\pi$ , это еще больше смещает пик в спектре в сторону малых масс. См., например, приложение 2 к работе /14/.

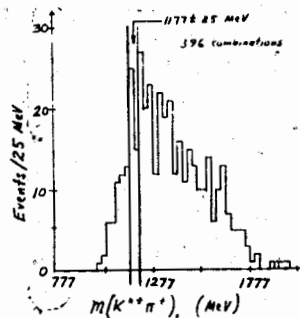
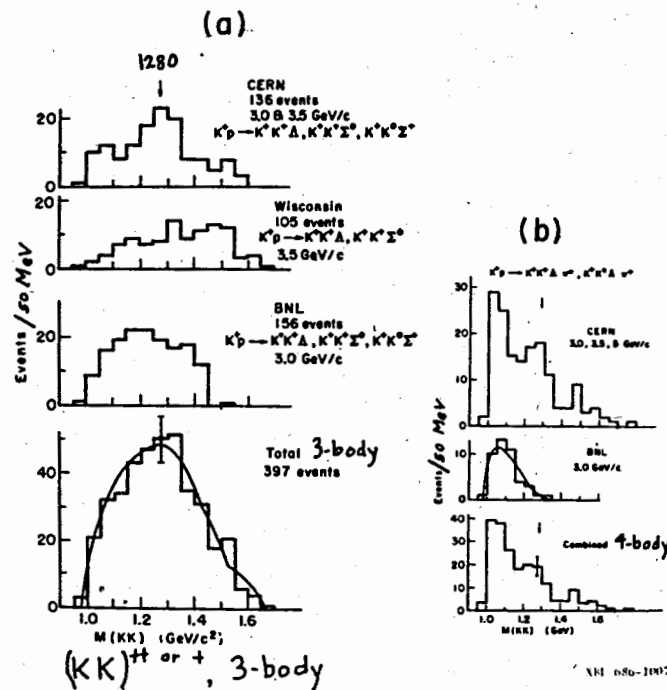


Рис.7. 396  $K^{*+}\pi^{+}$ -комбинаций, образованных в  $K^+p \rightarrow K^0 p \pi^+ \pi^+$  при 4,8 ГэВ. События отобраны точно так же, как были отобраны 286 событий в работе Гошоу и др., рис. 8б.

Е.  $K^+K^+$  и  $(KK\pi)^{++}$ . До сих пор общее число комбинаций этого типа едва перевалило за 1000, поэтому здесь маловероятно считать  $3\sigma$ -пик флуктуаций. Но зато здесь попросту нет заметных пиков.

Рис. 8 взят из доклада Гольдхабера /15/. Он свидетельствует о том, что первоначальный, ЦЕРН'овский  $KK$ -пик /17/ (образованный по преимуществу  $K^+$ -мезонами с энергией 3 ГэВ) теперь исчез. С тех пор Фербель просмотрел 400 событий из  $K^+p \rightarrow \Lambda X^{++}$  при 13 ГэВ/с и не нашел всплесков выше  $8\mu\text{б}$ . То же случилось и у Александра и др. с их 600 событиями, накопленными при 9 ГэВ/с. Их данные см. на рис. 9; они доводят массы  $X^{++}$  до 3 ГэВ, ничего интересного не обнаруживая.



XBL 686-1006

Рис.8. Суммарные данные по пику в  $KK$  (1280)  $\Upsilon = +2$  из /15/.

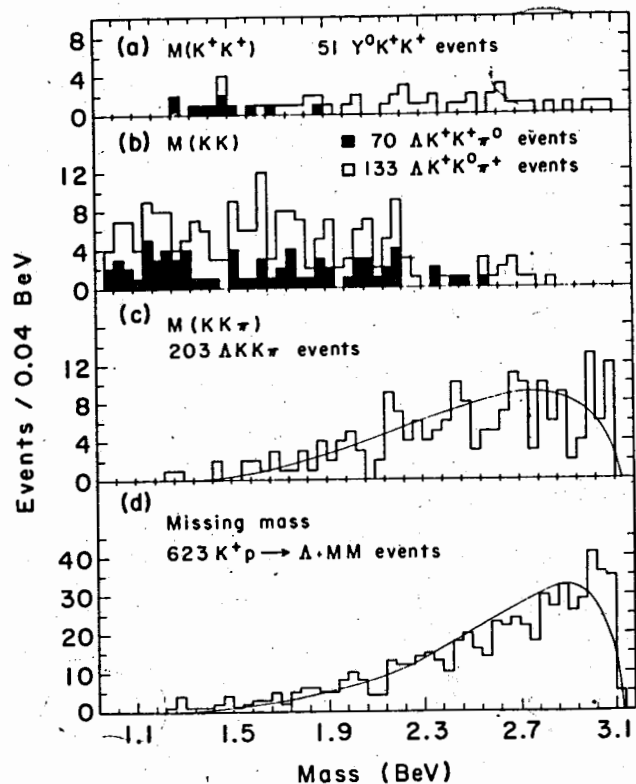


Рис. 9. Спектр событий с  $Y=2$ ,  $Q=2$  от  $K^+p$  при энергии 9 Гэв <sup>/9a/</sup>.

#### Выводы по мезонам

Сильно взаимодействующие мезоны, конечно, взаимодействуют в состояниях с "дальними" квантовыми числами. Например, Шлейн отмечал, что измеренные им фазовые сдвиги в  $K^+\pi^-$  и  $K^0\pi^0$  отличны друг от друга, так что существует амплитуда с  $I=3/2$ . Но нет доказательств того, что силы достаточно велики, чтобы приводить к резонансам.

#### Л и т е р а т у р а

1.  $|Y|$  or  $|Q| \geq 2$  is merely a concise mnemonic. Actually of course I mean to include any meson, even with  $|Q| \leq 1$ , if there is evidence that its Ispin I is  $\geq 3/2$ .
2. G. Goldhaber, in Proceedings of the Second Hawaii Topical Conference in Particle Physics (1967) (University of Hawaii Press, Honolulu, 1968), p. 256.
3. A.H. Rosenfeld, A. Barbaro-Galtieri, W.J. Podolsky, L.R. Price, P. Söding, C.G. Howl, M. Roos and W.J. Willis, Rev. Mod. Phys., **39**, 1 (1967). See Appendix I by G.R. Lynch, A. Rittenberg, A.H. Rosenfeld and P. Söding and Appendix II by T. Ferbel et al.
- 3a. R. Vanderhagen, J. Huc, P. Fleury, J. Duboc, R. George, M. Goldberg, B. Makowski, N. Armenise, B. Ghidini, V. Picciarelli, A. Romano, A. Forino, R. Gessaroli, G. Quareni and A. Quareni-Vignudelli, Phys. Lett., **24B**, 493 (1967).
36. Bull. Am. Phys. Soc., **13**, 611 (1968). See the following abstracts: W. Katz, T. Ferbel, P. Slattery, T. Yamanouchi and H. Yuta, Abstract D13. A. Benvenuti, E. Marquit and J.C. Vander Velde, Abstract D12.
4. A.H. Rosenfeld, in Oxford International Conference on Elementary Particles, September 1965, Supplement (Rutherford High Energy Laboratory, Chilton, England, 1966), p. 5.
5. G. Goldhaber, in Proceedings of the XIIIth International Conference on High-Energy Physics (University of California Press, Berkeley, 1967).
6. B.R. French, J.B. Kinson, R. Rigopoulos, V. Simak, F. McDonald, G. Petmezias and L. Riddiford, Nuovo Cimento **52A**, 438 (1967).
7. For these references see either A.H. Rosenfeld, N. Barash-Schmidt, A. Barbaro-Galtieri, L.R. Price, P. Söding and C.G. Wohl, Rev. Mod. Phys., **40**, 1 (1968), or Oxford International Conference on Elementary Particles (Ref. 4).
8. C. Schmid, Phys. Rev., **154**, 1363 (1967).
9. H. Yuta, J.C. Berlinghieri, M.S. Farber, T. Ferbel, B. Forman, A.C. Mellissionos and T. Yamanouchi, "Multiple Vee Events in  $K^+p$  Interactions at 13 GeV/c", University of Rochester preprint, 1968.

- 9a. G.Alexander, A.Firestone and G.Goldhaber, UCRL -18236, May 20, 1968, submitted to Phys. Letters.
10. G.Benson, L.Lovell, E.Marquit, B.Roe, D.Sinclair, and J.Vander Velde, Phys. Rev. Lett., 16, 1177 (1966).
11. S.Y.Fung, W.Jackson, R.T.Pu, D.Brown and G.Gidal, "Evidence for the Kinematic Origin of the H Enhancement", University of California Riverside preprint, UCR-34P107-64, Phys. Rev. Lett., 21, 50 (1968).
12. See chapter by Gerson and Sulamith Goldhaber, in Advances in High-Energy Physics, R.E.Marshak and R.Cool, Eds. (John Wiley - Interscience, to be published, 1968).
13. Б.Н. Валуев, ЖЭТФ, 47, 649 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел

27 февраля 1969 года.