

С 346.58

M-215

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

30/X-65

P - 2374



Э.И. Мальцев , И.В. Чувилло

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ  
О РАДИАЦИОННЫХ РАСПАДАХ К -МЕЗОНОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

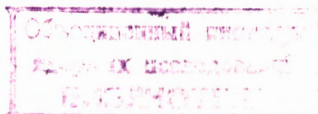
1965

P - 2374

Э.И. Мальцев , И.В. Чувило

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ  
О РАДИАЦИОННЫХ РАСПАДАХ К -МЕЗОНОВ

3624/3 48-



В последние два-три года достигнут большой прогресс в исследовании распадных свойств  $K$ -мезонов. Получено много детальных сведений о распадах, идущих с частотой, составляющей  $10^{-2}$  и  $10^{-3}$  от полной вероятности распада  $K$ -мезонов, т.е. о трех-частичных распадах типа

$$K \rightarrow \pi\pi\pi,$$

$$K \rightarrow \pi l \nu.$$

Наметился также определенный прогресс в деле изучения так называемых радиационных распадов  $K$ -мезонов

$$K \rightarrow \pi\pi\gamma,$$

$$K \rightarrow \pi\pi\pi\gamma,$$

частота которых лежит уже в пределах  $10^{-4} \pm 10^{-5}$  от полной частоты. Выполнены эксперименты <sup>/1,2/</sup>, в которых количество найденных случаев измеряется десятками событий. Получены <sup>/3/</sup> снимки распадов  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$ , на которых впервые полностью зарегистрированы все продукты распада  $K$ -мезонов. Все это, а также и то обстоятельство, что в ближайшее время, видимо, мировая статистика радиационных распадов значительно увеличится <sup>/2/</sup>, диктует необходимость подвести первый итог проделанным исследованиям и выяснить дальнейшие возможности работы в этой области. Кроме того, одно из назначений данного обзора – привлечь внимание теоретиков к радиационным распадам  $K$ -мезонов, поскольку в настоящее время нет сколько-нибудь однозначной модели, описывающей такие распады.

## 1. Свойства радиационных распадов

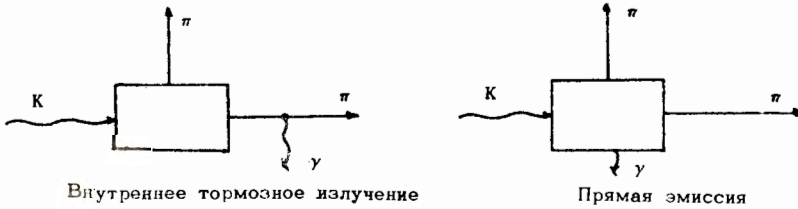
Фотоны, сопровождающие распады  $K$ -мезонов по нелептонным схемам

$K \rightarrow \pi\pi\gamma$  и  $K \rightarrow \pi\pi\pi\gamma$ , могут возникать благодаря двум процессам.

Первым из них является процесс излучения  $\gamma$ -кванта стартовой заряженной частицей, так называемый процесс "внутреннего тормозного излучения". Второй процесс – процесс "прямой эмиссии", который в основном зависит от деталей  $K$ -мезонной структуры.

Эти процессы в общем случае могут быть когерентными, так что их амплитуды могут интерферировать, давая соответствующий интерференционный вклад в полную ве-

роятность. Оба эти процесса можно изобразить диаграммами, например, такого вида:



Внутреннее тормозное излучение

Прямая эмиссия

Процесс внутреннего тормозного излучения известен достаточно хорошо. Для фотонов с большой длиной волны объем, соответствующий такому процессу эмиссии, может быть значительным и соответствующий матричный элемент большим, т.е. процесс внутреннего тормозного излучения должен доминировать для низкочастотных фотонов. Вероятность такого процесса может быть относительно хорошо предсказана<sup>/4/</sup> при использовании соответствующих приближений из известных матричных элементов для обычных  $K \rightarrow \pi\pi$  - и  $K \rightarrow \pi\pi\pi$  -распадов.

Значительно хуже обстоит дело с описанием процесса прямой эмиссии фотона. Использование различных полуфеноменологических моделей<sup>/5,6/</sup> и других расчетов<sup>/7/</sup> приводит к различным предсказаниям для частот радиационных распадов и различным формам энергетических и угловых распределений для продуктов распада.

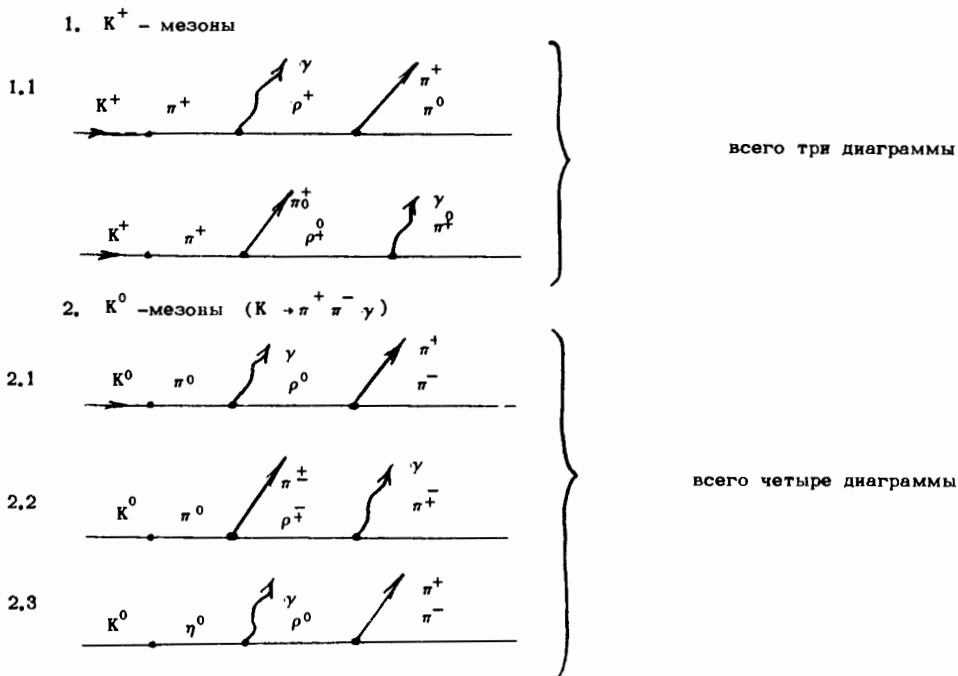
Остановимся вкратце на существующих моделях, описывающих радиационные распады  $K$  -мезонов. Рассмотрим некоторые характерные распределения, например, для распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$ . Для процесса внутреннего тормозного излучения, в котором фотон испускается выходящим заряженным пионом, матричный элемент записывается следующим образом:

$$M_{\text{int}} = eG \cdot \ln \left( \frac{P_k \epsilon}{P_k P_\gamma} - \frac{P_\pi \epsilon}{P_\pi P_\gamma} \right). \quad (4)$$

В этом выражении  $P_k$ ,  $P_\pi$ ,  $P_\gamma$  - 4-импульсы  $K^+$ -мезона,  $\pi^+$ -мезона и фотона соответственно, а  $\epsilon$  -вектор поляризации фотона;  $G$  -безразмерный параметр (предполагается не зависящим от импульса), ответственный за  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$  -распад;  $m$  -некоторая массовая характеристика объема взаимодействия  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$  -распада (с линейными размерами  $R = \hbar/mc$  ).

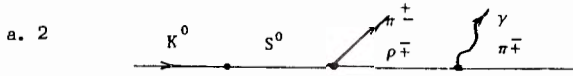
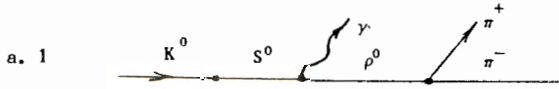
Однако, кроме испускания фотона стартующим  $\pi^+$  -мезоном, есть возможность, если радиационный распад идет через виртуальное промежуточное состояние, что фотон может испускаться промежуточной частицей. Это и может быть названо прямым переходом - радиационный переход из начального  $K$  -состояния в конечное ( $\pi\pi$ ) - состояние. Наиболее интересной, для учета прямой эмиссии, является модель, предложенная в работе<sup>/7/</sup>, основанная на введении промежуточного бозонного полюса. По

этой модели диаграммы, описывающие радиационные распады  $K^+$  - и  $K^0$  - мезонов, можно написать следующим образом:

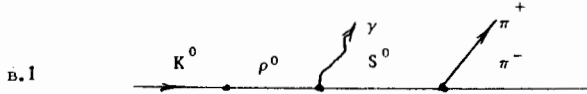


Нам хотелось бы сделать здесь следующее замечание. При обсуждении в работе /7/ модели с промежуточным бозонным полюсом авторы рассмотрели возможность выбора в качестве промежуточного бозона, кроме  $\pi$  - мезона, еще и  $\rho$  - мезона для распадов  $K^+$  - мезона, и  $\rho$  - и  $\omega$  - мезонов для распадов  $K^0$  - мезонов. Расчеты показали, что вклад от диаграмм с  $\omega$ -,  $\rho$  - мезонными полюсами примерно на порядок меньше вклада, даваемого диаграммами с  $\pi$  - мезонным полюсом, и им можно пренебречь. Однако в то время еще не было надежного указания на существование  $S^0$  - мезона ( $0^+$ ,  $m_{S^0} = m_\rho$ ), используя который, можно написать ряд диаграмм либо с  $S^0$  - мезонным промежуточным полюсом и взаимодействием  $\pi$  - мезонов в конечном состоянии в виде  $\rho$  - мезона, либо с  $\rho$  - мезонным полюсом и взаимодействием  $\pi$  - мезонов в конечном состоянии в виде  $S^0$  - мезона. При этом такие рассуждения возможны только для нейтральных  $K^0$  - мезонов. Такие диаграммы выглядят следующим образом:

а)  $S^0$  - мезонный промежуточный полюс



в)  $\rho^-$ -полюс и взаимодействие в конечном состоянии в виде  $S^0$ -мезона



Нам ничего не известно о величине констант  $f_{\rho\gamma}$  и  $f_{\pi\pi}$ . Не исключено, что результирующая константа, входящая в матричный элемент в.1,  $f_{\rho\gamma} \cdot f_{\pi\pi}$  может быть значительно больше констант  $f_{\rho\gamma} \cdot f_{\rho\pi\pi}$  или  $f_{\omega\gamma} \cdot f_{\rho\pi\pi}$ , которые давали малый вклад в амплитуду, и вклад таких диаграмм может быть значительным. То же можно сказать и о диаграммах типа а.1 и а.2. Таким образом, добавление к четырем ранее выписанным диаграммам с  $\pi^-$  и  $\eta$ -мезонными промежуточными полюсами еще четырех диаграмм с  $S^0$ -мезоном может в принципе существенно изменить полную вероятность прямых переходов для нейтральных  $K^-$ -мезонов.

Выпишем для примера несколько амплитуд, соответствующих приведенным диаграммам:

$$M_{1,1} = - \frac{f_{K^+\pi^+} \cdot f_{\rho^+\pi^+} \cdot f_{\rho^+\pi^+\pi^0}}{(m_K^2 - m_{\pi^+}^2) \{ (P_{\pi^+} + P_{\pi^0})^2 - m_{\rho^+}^2 \}} \cdot \epsilon_{\mu\nu\sigma\rho} F_{\mu\nu}(P_K)_\sigma (P_{\pi^+})_\rho,$$

$$M_{2,1} = - \frac{f_{K^0\pi^0} \cdot f_{\rho^0\pi^0} \cdot f_{\rho^0\pi^+\pi^-}}{(m_K^2 - m_{\pi^0}^2) \{ (P_{\pi^+} + P_{\pi^-})^2 - m_{\rho^0}^2 \}} \cdot \epsilon_{\mu\nu\sigma\rho} F_{\mu\nu}(P_K)_\sigma (P_{\pi^+})_\rho,$$

$$M_{a,1} = - \frac{f_{K^0S^0} \cdot f_{\rho^0S^0} \cdot f_{\rho^0\pi^+\pi^-}}{(m_K^2 - m_{S^0}^2) \{ (P_{\pi^+} + P_{\pi^-})^2 - m_{\rho^0}^2 \}} \cdot \epsilon_{\mu\nu\sigma\rho} F_{\mu\nu}(P_K)_\sigma (P_{\pi^+})_\rho,$$

$$M_{в,1} = - \frac{f_{K^0\rho^0} \cdot f_{\rho^0S^0} \cdot f_{S^0\pi^+\pi^-}}{(m_K^2 - m_{\rho^0}^2) \{ (P_{\pi^+} + P_{\pi^-})^2 - m_{S^0}^2 \}} \cdot \epsilon_{\mu\nu\sigma\rho} F_{\mu\nu}(P_K)_\sigma (P_{\pi^+})_\rho,$$

где 
$$F_{\mu\nu} = (P_{,\gamma})_{\mu} \epsilon_{\nu} - (P_{,\gamma})_{\nu} \cdot \epsilon_{\mu} .$$

Итак, если для распадов  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$  все осталось без изменения и вклад от прямого процесса эмиссии фотонов в полную вероятность оценивается величиной порядка  $2,4 \cdot 10^{-4}$  (сравнимым с вкладом от процесса внутреннего тормозного излучения  $= 1,6 \cdot 10^{-4}$ ), то для распадов  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$  этот вклад, который был оценен как  $6,7 \cdot 10^{-4}$ , может измениться в сторону увеличения.

Какие же проблемы могут быть решены с помощью экспериментального исследования радиационных распадов  $K$ -мезонов? Естественно, что первой задачей является исследование механизма, ответственного за радиационные распады, или конкретнее, разрешение вопроса о том, существует ли прямая эмиссия фотонов. Подтверждение последнего процесса позволило бы сделать некоторые заключения о внутренней структуре  $K$ -мезона. С этим же первым вопросом связана проблема  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$ -распада, который запрещен правилом  $\Delta T = \frac{1}{2}$ . Как известно, большую относительную вероятность  $\Gamma(K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0) / \Gamma(K_1^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-)$  - распадов нельзя объяснить только электромагнитными поправками. В рамках  $SU(3)$ -симметрии имеются соображения в пользу подавления вероятности распада  $K_1^0 \rightarrow 2\pi$ , но все равно остается открытым вопрос о механизме и возможных количественных следствиях нарушения этой симметрии для данного процесса. Представляет в связи с этим интерес обсуждавшаяся в печати возможность того <sup>1/7/</sup>, что вклад, который может давать взаимодействие с  $\Delta T = \frac{1}{2}$  в процесс  $K \rightarrow \pi\pi\gamma$ , может быть в амплитуде большим, чем первый порядок по "e".

Следующая проблема, относящаяся к радиационным распадам, связана с выяснением интерференционных явлений между процессами внутреннего тормозного излучения и прямой эмиссии. И опять ответ на вопрос - конструктивная или деструктивная интерференция имеет место в радиационных распадах - связан с интересной проблемой возможной сравнимости частот  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$  и  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$  - распадов, о которых сказано выше.

Определенный интерес представляет изучение формы спектра радиационных  $\gamma$ -квантов. Здесь можно привести в некотором смысле "спекулятивный" пример. Известно, что наличие резкого максимума в интервале меньше одного Мэв<sup>а</sup> в энергетическом спектре  $\gamma$ -квантов из распада  $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$  могло бы объяснить эксперименты типа Кронина без привлечения идей о нарушении  $CP$ -инвариантности.

Список вопросов, которые решаются в экспериментах по радиационным распадам  $K$ -мезонов, можно продолжить и далее, но это не является целью данной работы.

Рассмотрим теперь ситуацию, сложившуюся в настоящее время в области экспериментального исследования радиационных распадов  $K$ -мезонов.

## 2. Данные эксперимента

### А. Р а с п а д $K \rightarrow \pi\pi\pi\gamma$

В настоящее время экспериментально обнаружены лишь радиационные  $\gamma$ -распады  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \gamma$   $/1,8 \pm 10/$  и не найдено ни одного случая  $\gamma'$ -радиационных распадов и распадов  $K^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0 \gamma$ . Это легко понять, т.к. детектирование распадов с  $\pi^0$ -мезонами практически невозможно в фотоэмульсиях (все распады по схеме  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \gamma$  найдены с помощью эмульсионной методики) и сильно затруднено в пузырьковых камерах с легким наполнением из-за низкой вероятности конверсии  $\gamma$ -квантов.

Всего зарегистрировано двенадцать распадов  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \gamma$ , причем 7 из них в одном эксперименте  $/1/$ . Найдена следующая цифра, характеризующая частоту радиационного  $\gamma$ -распада:

$$\Gamma(K^+ \rightarrow 3\pi\gamma) / \Gamma(K^+ \rightarrow 3\pi) = (1,7 \pm 0,7) \cdot 10^{-8}, \text{ или } \Gamma(K^+ \rightarrow 3\pi\gamma) / \Gamma(K^+ \rightarrow \text{все}) = 0,9 \cdot 10^{-8}$$

что достаточно хорошо согласуется с предсказаниями для процесса внутреннего тормозного излучения для  $\gamma^+ \rightarrow 3\pi\gamma$   $/4/$ ,

$$\Gamma(K^+ \rightarrow 3\pi\gamma) / \Gamma(K^+ \rightarrow 3\pi) \approx 0,9 \cdot 10^{-8}$$

для  $E_\gamma > 10$  Мэв.

Можно рассмотреть также получающийся энергетический спектр  $\gamma$ -квантов, приведенный на рис. 1.

Видно, что количество случаев еще недостаточно для детального анализа, однако полученная гистограмма не противоречит характерной кривой, предсказываемой для процесса внутреннего тормозного излучения.

### В. $K \rightarrow \pi\pi\gamma$ - р а с п а д ы

Более значительный прогресс достигнут в изучении радиационных распадов по схеме  $K \rightarrow \pi\pi\gamma$ . Здесь с помощью различной методики обнаружено 25 случаев, включающих в себя как  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$ , так и  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ -распады  $/2,3,11-13/$ . Средняя частота радиационного  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$ -распада (18 случаев) равна (к сожалению, для 5 остальных событий  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$  частота определена очень приблизительно)

$$\Gamma(K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma) / \Gamma(K^+ \rightarrow \text{все}) = (2,2 \pm 1,7) \cdot 10^{-4}$$

(для  $T_{\pi^+} > 60$  Мэв).



Как видно, полученное значение неплохо согласуется с предсказаниями для случая, когда есть только внутреннее тормозное излучение ( $\Gamma(K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma) / \Gamma(K^+ \rightarrow \text{всё}) = 1,6 \cdot 10^{-4}$ ).

Полученный энергетический спектр  $\pi^+$ -мезонов (рис. 2) также достаточно хорошо согласуется с предсказаниями для чистого внутреннего тормозного излучения, и, по всей видимости, не требует введения большого прямого члена, деструктивно interfering с членом внутреннего тормозного излучения, хотя эта возможность и не противоречит эксперименту.

При исследовании радиационных распадов  $K_2^0$ -мезонов было найдено<sup>/14/</sup>, что частота распада  $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$  равна 1,5% по отношению ко всем другим распадам  $K_2^0$ -мезона. Этот результат интересен с той точки зрения, что при распаде  $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$  процесс внутреннего тормозного излучения запрещен с точностью до нарушения CP-инвариантности; следовательно, этот распад может быть вызван лишь процессом прямой эмиссии фотона.

В работе<sup>/15/</sup> приводится кандидат в  $K_1^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ -распад и частота оценивается величиной

$$\Gamma(K_1^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma) / \Gamma(K_1^0 \rightarrow \text{всё}) = 3 \cdot 10^{-5},$$

но нет надежных указаний на то, был ли это  $K_1^0$ - или  $K_2^0$ -мезон.

Проанализируем эти данные, взяв за основу цифры для частот радиационных распадов:

1.  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$  (разрешены оба типа переходов)

$$\frac{\Gamma(K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma)}{\Gamma(K^+ \rightarrow \text{всё})} = 2,2 \cdot 10^{-4}.$$

2.  $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$  (разрешена только прямая эмиссия)

$$\frac{\Gamma(K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma)}{\Gamma(K_2^0 \rightarrow \text{всё})} = 1,5 \cdot 10^{-2}.$$

Отношение вероятностей этих распадов будет равно:

$$\frac{\Gamma(K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma)}{\Gamma(K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma)} = \frac{1}{14}.$$

Если это отношение соответствует действительности, то это указывает на наличие достаточно большой амплитуды прямой эмиссии и деструктивную интерференцию между процессами прямой эмиссии и внутреннего тормозного излучения. Действительно, пусть  $T$  - амплитуда тормозного излучения,  $P$  - амплитуда прямого перехода, а  $\cos \phi$  характеризует фазу в интерференции. Тогда

$$|M|_{K^+ \rightarrow \pi \nu \gamma}^2 = T^2 + P^2 + 2TP \cdot \cos \phi ,$$

$$|M|_{K^+ \rightarrow \pi \nu}^2 = P^2 .$$

При полной деструктивной интерференции ( $\cos \phi = -1$ ), основываясь на экспериментальной величине частоты для распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \nu$ , получаем, что относительная частота распада  $K^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \nu$  должна быть равна

$$\frac{\Gamma(K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \nu)}{\Gamma(K_2^0 \rightarrow \text{всё})} = 0,27 \cdot 10^{-2}.$$

(Сравним с предсказаниями для прямой эмиссии через  $\pi^-$  и  $\eta^-$  - мезонный промежуточный полюс:  $\approx 0,07 \cdot 10^{-2}$ ). В то же время экспериментальная величина этого отношения, найденная по 2 случаям  $K_2^0 \rightarrow \pi \pi \nu$  - распада, есть  $1,5 \cdot 10^{-2}$ .

Итак, мы видим, что введение новых диаграмм с  $S^0$ -мезоном для распада  $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \nu$  может увеличить цифру  $0,07 \cdot 10^{-2}$ , что может дать достаточно близкое совпадение предсказаний, основанных на модели с промежуточным бозонным полюсом, с величиной, получаемой из известных экспериментальных данных о распаде  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \nu$  и предсказаниями для этого распада. Что касается экспериментальной величины  $\Gamma(K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \nu)$ , то, конечно, здесь еще рано делать какие-либо выводы, хотя она и не очень сильно расходится (в пределах одного порядка) с полученным выше числом.

### С. Другие радиационные распады $K^-$ -мезонов

До настоящего времени не было сообщений о регистрации других распадов, таких например, как

$$K^- \rightarrow \pi^0 \nu \gamma ,$$

$$K^- \rightarrow \pi \pi^0 \pi^0 \nu ,$$

хотя частоты этих событий сравнимы с частотами уже зарегистрированных распадов по схемам

$$K^+ \rightarrow \pi \pi \pi \nu \quad \text{и} \quad K^+ \rightarrow \pi \nu \gamma .$$

### 3. Заключительные замечания

На сегодняшний день ситуация с изучением радиационных распадов очень напоминает положение, сложившееся в 1956-1957 г.г. при исследовании трехчастичных лептонных распадов  $K^+$ -мезонов, когда по первым 30 случаям было получено "убедительное" указание о том, что эти распады описываются тензорным вариантом взаимодейст-

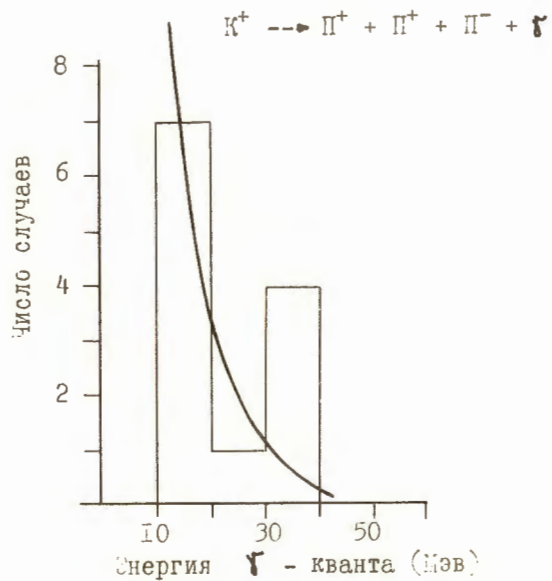
виз /16/. Первые случаи радиационных распадов указывают на то, что по-видимому, экспериментальные цифры не противоречат наличию только лишь процесса внутреннего тормозного излучения и не требуют введения большого члена, связанного с прямой эмиссией и интерференционными эффектами. Несколько отличаются результаты для  $K_2^0$  - распадов, но по двум первым случаям нельзя делать сколько-нибудь серьезных выводов.

В каком направлении необходимо вести дальнейшее исследование радиационных распадов? По-видимому, наиболее полное решение проблемы может быть получено при проведении экспериментов как на  $K_2^0$  - мезонах, так и на  $K^+$  - и  $K_1^0$  - мезонах. Можно было бы ожидать, что частота для  $K_1^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$  должна быть близка к частоте для  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$  -распада, поскольку для обоих этих распадов разрешены оба перехода, хотя в распаде  $K_1^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$  может появиться дополнительный вклад от  $S^0$  -мезонного промежуточного полюса. Кроме того, установление точной цифры частоты распада  $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$  позволит оценить величину члена прямой эмиссии  $\gamma$  -квантов, а спектры  $\pi^+$  -мезонов и угловые корреляции  $\gamma$  -квант- $\pi^+$  - мезон из распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$  помогут установить структуру внутреннего тормозного излучения и интерференционных эффектов соответственно.

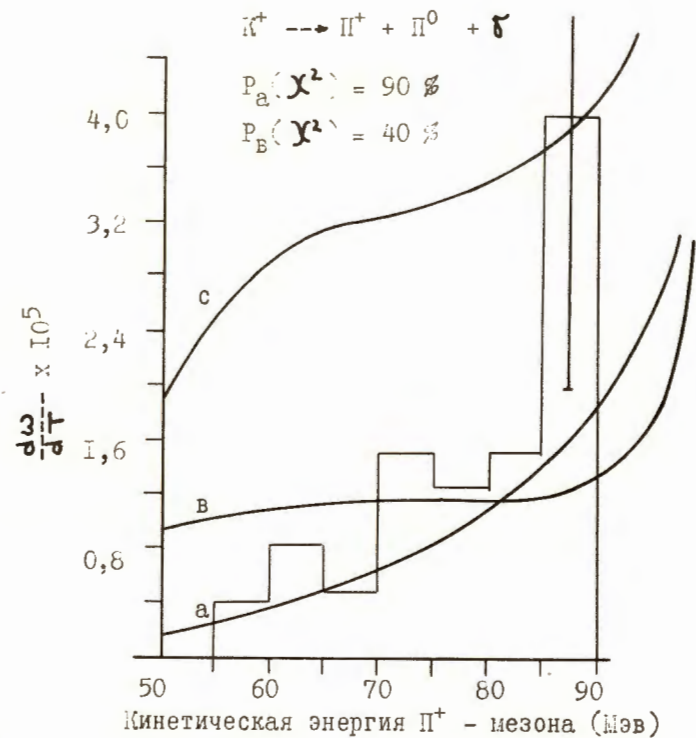
#### Л и т е р а т у р а

1. P.Stamer, T.Huetter, F.L.Koller, S.Taylor, J.Grauman, Phys. Rev., 138, B440 (1965).
2. D.Cline, W.F.Fry. Phys.Rev.Lett., 13, 101 (1964).
3. В.С. Курбатов, Э.И. Мальцев, А.И. Маслаков, И.В. Чувилло, А.И. Шкловская. ЯФ, 1, 277 (1965).
4. R.Dalitz, Phys.Rev., 99, 915 (1955).
5. J.D.Good, Phys.Rev., 113, 352 (1959).
6. N.Cabbibo, R.Gatto, Phys.Rev.Lett., 5, 382 (1960).
7. S.DV.Pepper, Y.Ueda, Nuovo Cimento, 33, 6 (1964).
8. R.R.Daniels, Y.Pal. Proc.Inst. Acad.Sci., 40, 114 (1954).
9. W.Puschel, J.Tietge, D.Monti, G.Giacomelli, A.O.Vignudelli, Phys.Letters, 2, 96 (1962).
10. T.A.O'Halloran, G.Goldhaber, S.Goldhaber, Bull.Am Phys.Soc., 6, 509 (1961).
11. D.J.Prowse, D.Evans. Nuovo Cimento, 8, 856 (1958).
12. G.Harris, J.Lee, J.Orear, S.Taylor, Phys.Rev., 108, 1561 (1957).
13. D.Monti, G.Ouareni, A.OVignudelli, Nuovo Cimento, 21, 550 (1961).
14. F.R.Eisler, T.C.Bacon, H.W.K.Hopkins. Brookhaven National Laboratory, Upton New York, preprint (1964).
15. D.Stern, Phys.Rev., 128, 389 (1962).
16. Э.И. Мальцев. Экспериментальное изучение трехчастичных лептонных распадов заряженных  $K$  -мезонов. Препринт ОИЯИ, Р-2234, Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел  
28 сентября 1965 г.



Р и с. 1. Энергетический спектр  $\gamma$ -квантов из распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^- \gamma$ . Теоретическая кривая взята для члена внутреннего тормозного излучения из работы<sup>14/</sup>.



Р и с. 2. Энергетический спектр  $\pi^+$ -мезонов из распада  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 \gamma$  (работа<sup>12/</sup>). Кривая а) соответствует процессу внутреннего тормозного излучения, в) - деструктивная интерференция с членом прямой эмиссии, с) - конструктивная интерференция с членом прямой эмиссии.