

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



7539

ЭЖЗ. ЧИТ. ЗАЛА

P1 - 7539

М.Х.Аникина, В.К.Балашов, Б.П.Банник,
Г.Л.Варденга, М.С.Журавлева, В.Л.Ильина,
Ю.Р.Лукстиныш, А.Д.Макаренкова, Э.И.Мальцев,
В.И.Мороз, Э.О.Оконов, Т.Г.Останевич,
Г.Н.Тентюкова, С.А.Хорозов

ПОИСКИ РАСПАДА $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$
НА УСТАНОВКЕ СКМ-100 С МЕТРОВОЙ
СТРИМЕРНОЙ КАМЕРОЙ

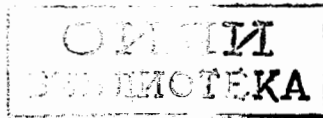
1973

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

P1 - 7539

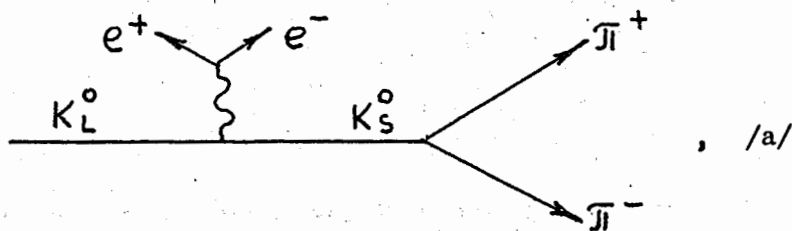
М.Х.Аникина, В.К.Балашов, Б.П.Банник,
Г.Л.Варденга, М.С.Журавлева, В.Л.Ильина,
Ю.Р.Лукстиньш, А.Д.Макаренкова,* Э.И.Мальцев,
В.И.Мороз,* Э.О.Оконов, Т.Г.Останевич,*
Г.Н.Тентюкова,* С.А.Хорозов

ПОИСКИ РАСПАДА $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$
НА УСТАНОВКЕ СКМ-100 С МЕТРОВОЙ
СТРИМЕРНОЙ КАМЕРОЙ



1. Введение

Процесс $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ может возникнуть в результате внутренней конверсии γ -кванта при распаде $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$. Последний оказался, однако, в значительной степени подавленным^{/1/}, что создает благоприятные возможности для наблюдения вклада полюсной диаграммы:



которая представляет большой интерес, так как она определяется формфактором каона во времениподобной области^{/2/}. Как было указано в работе^{/2/}, аналогичной диаграммой описывается и регенерация $K_L^0 \rightarrow K_S^0$ на электронах. Однако связь между этими двумя процессами неоднозначна, так как распад $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ может дать информацию о K -мезонном формфакторе в довольно широком интервале переданных импульсов.

Для поиска распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ использовалась установка СКМ-100 с метровой стримерной камерой, помещенной в магнитное поле.

II. Описание установки

Схема эксперимента приведена на рис. 1.

Источником K^0 -мезонов служила внутренняя мишень синхрофазотрона ОИЯИ /импульс протонов 10 Гэв/с/ - урановая пластина высотой 10 мм; длина вдоль протонного пучка 100 мм. Эти размеры определяли точность измерения направления полета K^0 -мезонов.

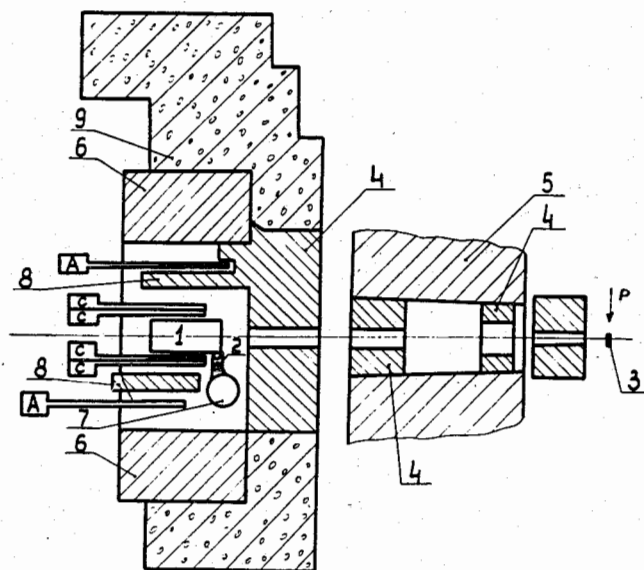


Рис. 1. Схема эксперимента. Пучок K^0 -мезонов от мишени /3/ через свинцовый коллиматор-защиту /4/ попадает в стримерную камеру /1/. Сцинтилляционные счетчики /С/ срабатывают от продуктов распада каонов в камере и запускают импульсный генератор /7/. /2/ - разрядник; /5/ - магнит ускорителя; /6/ - стойки анализирующего магнита СП-40; /8/ - свинцовые стенки для поглощения вылетающих из камеры частиц; /А/ - счетчики, работающие на антисовпадения; /9/ - защита.

Коллиматор /1,5 м свинца/ отбирал вторичные частицы, вылетающие под углом $90 \pm 2^\circ$ относительно направления протонов. Заряженные частицы убирались из пучка

магнитным полем ускорителя; поток фотонов ослаблялся 10-сантиметровым свинцовым фильтром. В 6 мот мишени в зазоре магнита 2СП-40 / $H \sim 5,5$ кгс/ находилась стримерная камера с рабочим объемом $1000 \times 450 \times 170$ мм³. Сечение пучка в камере $\sim 250 \times 120$ мм². Камера окружена сцинтилляционными счетчиками для регистрации вылетающих из нее распадных частиц и запуска установки.

Установка ранее использовалась для проведения различных методических исследований. Описание стримерной камеры и системы питания приведено в работе /3/.

Основная рабочая камера для регистрации четырехлучевых распадов склеена из пенопластовых стенок толщиной 30 мм, дюралевой пластины-дна /нижний электрод/ и верхнего окна - стеклянного листа толщиной 6 мм. Проволочный высоковольтный электрод /проволоки $\phi 0,15$ натянуты через 1 мм/ находился под стеклом, внутри камеры. Электроды были продлены за пределы камеры на 15 см для устранения краевых искажений электрического поля в рабочем объеме.

Питание камеры осуществлялось с помощью 16-ступенчатого генератора Маркса-Шнейдера /4/ под давлением /6 атм азота/. Напряжение заряда конденсаторов /5000 пф/ 21 кВ. Амплитуда в/в импульса ~ 300 кВ. Для формирования импульса использовался коммутирующий неуправляемый разрядник под давлением 12-15 атм азота. Оптимальная длина стримеров и однородность яркости треков по длине камеры достигались подбором нагрузочно-согласующих сопротивлений. Обычно устанавливалось несколько резисторов ТВО-20 с общим сопротивлением 100-150 ом. Во время экспозиции некоторая подгонка режима камеры при необходимости обеспечивалась незначительным / $\pm 0,5$ кВ/ изменением напряжения заряда генератора и давления в коммутирующем разряднике.

Камера продувалась чистым неоном со скоростью два объема в сутки. Треки фотографировались двумя объективами МИР-1 на пленку чувствительностью 4000 ед ГОСТ. Расстояние между оптическими осями объективов - 300 мм, высота съемки - 1070 мм, средний масштаб 1:28,3, диафрагма 1:2,8. Во время рабочих

экспозиций никакие измерения параметров высоковольтного импульса не производились.

Для регистрации четырехлучевых распадов при относительно малой интенсивности пучка /сбрасывалось в среднем $2 \cdot 10^{10}$ протонов/цикл на урановую мишень/ использовалась простейшая система запуска, изображенная на рис. 1. Вплотную к боковым стенкам камеры было установлено по два сцинтилляционных счетчика с каждой стороны. Размер пластика $1000 \times 160 \times 30$ мм³. Все четыре счетчика заведены на четырехкратную схему совпадений. Естественно, такая схема запускается от любых двух или более частиц, вылетающих в разные стороны из камеры. Для устранения фона от "проходящих" частиц, за свинцовым фильтром /20 см Pb / были установлены большие /1500x250x35 мм³ / счетчики антисовпадения, перекрывающие по высоте весь зазор магнита СП-40.

Хотя такая система запуска очень чувствительна к случайным совпадениям, больших фоновых загрузок не наблюдалось - среднее число запусков за цикл ускорителя $\sim 1,5$ при интенсивности $2 \cdot 10^{10}$ р/цикл и номинальной растяжке ~ 300 мсек.

Выбор описанной системы запуска обеспечил наибольшую скорость набора статистики при выделенной на эксперимент интенсивности: $\sim 0,8$ срабатываний установки в цикле ускорителя.

При этом в среднем на каждой третьей фотографии наблюдалась V^0 -события /распады K_L^0 /. Четырехлучевые события регистрировались с частотой ~ 1 на 1000 кадров. На рис. 2 представлена одна из фотографий 4-лучевого события.

Эффективность установки к заряженным модам распада K_L^0 была определена с помощью моделирования. При этом использовался спектр каонов, полученный ранее на камере Вильсона, работавшей в том же пучке $\bar{P}_{K_L^0} \sim 450$ МэВ/с /5/.

Значение эффективностей, полученных моделированием на ЭВМ:

$$\epsilon_{K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-} = 10.6\%$$

$$\epsilon_{K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0} = 12.5\%$$

$$\epsilon_{V^0} = 2.04\%$$

/ ϵ_{V^0} - среднее значение эффективности, к трехчастичным модам распада K_L^0 /.



Рис. 2. Один из 4-лучевых распадов K_L^0 , зарегистрированных установкой СКМ-100.

На рис. 3 приведены распределения эффективных масс экспериментальных и моделированных V^0 -событий в предположении $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$ -распада. Параметры моделированных событий "размазаны" с дисперсиями, соответствующими экспериментальным. К обеим группам событий, вошедших в распределение, применены одинаковые критерии отбора. Для 9 интервалов, в которых $N_{\text{мод}} > 10$, $\chi^2 = 8.5$.

Каждое событие фитировалось в четырех вариантах /каждая частица интерпретировалась как e и π /. Таким образом, все события имели по четыре кинематических решения в предположении $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ /1 гипотеза/ и соответственно - четыре значения χ^2 . В дальнейшем из четырех χ^2 рассматривалось наименьшее - $\chi_{I \min}^2$.

Нами была выбрана граница $\chi_{I \min}^2 < 10$. С учетом числа степеней свободы в пределах этой границы должно находиться 98% событий $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$. Поскольку все анализированные события имеют $\chi_{I \min}^2 > 10$, мы можем считать, что в эксперименте не было обнаружено ни одного искомого распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$.

Ожидаемый уровень имитаций этого распада был определен с помощью фитированных по I гипотезе моделированных распадов $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$.

Появлялась дисперсия, соответствующая экспериментальным ошибкам. Число моделированных событий в интервале $0 < \chi_{I \min}^2 < 10$ оказалось равным 2.

При фитировании по II гипотезе / $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$ /, ввиду известной двузначности, связанной с направлением вылета γ -кванта, число возможных решений удваивается. Таким образом, каждому событию соответствует до 8 значений χ_{II}^2 /как правило, часть решений может быть отброшена из физических соображений/.

Для 5 из 73 событий фит-программа не нашла решения ни в одном из 8 возможных вариантов:

На рис. 4 представлено распределение $(\chi_{II \min}^2)^{\text{эксп.}}$ - наименьших из наборов χ_{II}^2 для 68 оставшихся событий - а также аналогичное распределение $(\chi_{II \min}^2)^{\text{мод.}}$ моделированных 193 распадов $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$. Заметим, что,

как показало моделирование, только в 75% случаев $\chi_{II \min}^2$ соответствует правильной идентификации треков/.

Как видно из рис. 4, эти два распределения $\chi_{II \min}^2$ хорошо согласуются в интервале $0 < \chi_{II \min}^2 < 5$.

Появление заметного избытка экспериментальных событий с $\chi_{II \min}^2 > 5$ по сравнению с моделированием может иметь следующие причины:

1/. Примесь распадов $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0 \pi^0$ с двумя парами Далитца; ожидаемое число таких событий ~ 7 ;

2/. Примесь распадов, рассеянных в коллиматоре K_L^0 . Указанные причины не должны заметно влиять на распределение m_{ee} - эффективных масс пар Далитца. На рис. 5 представлены экспериментальное и моделированное распределения $m_{ee} (\chi_{II \min}^2)$, соответствующих вариантам идентификации с $\chi_{II \min}^2$.

Таким образом, если учесть избыток экспериментальных событий над моделированными в области $\chi_{II \min}^2 > 5$ /рис. 4/, мы получим минимальное число зарегистрированных распадов $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$: $N = 51$.

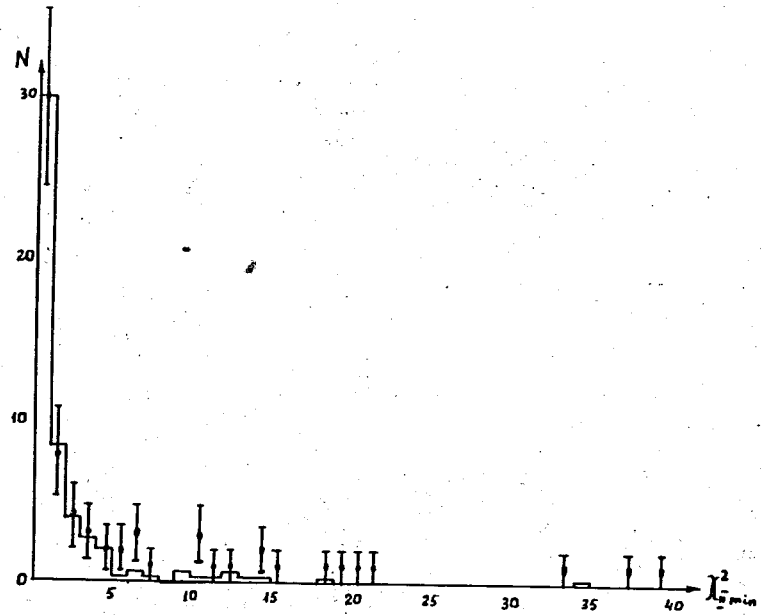


Рис. 4. Распределения $\chi_{II \min}^2$ 68 экспериментальных ($K_L^0 \rightarrow 3\pi$) и 193 моделированных ($K_L^0 \rightarrow 3\pi$) событий. Моделированное распределение нормировано на первый интервал экспериментального.

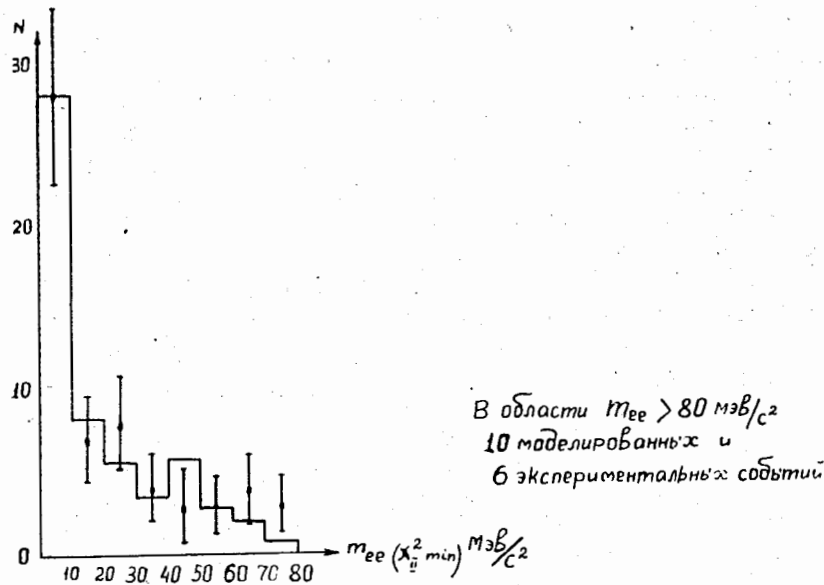


Рис. 5. Распределения $m_{e^+e^-}$ - эффективных масс пар Далица, соответствующих варианту идентификации с $\chi_{\pi}^2 \min$. Моделированное распределение /188 событий/ нормировано на первый интервал экспериментального /68 событий/.

V. Выводы

Было проанализировано 73 четырехлучевых события. Среди них не было ни одного, для которого фитирование по распаду $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ дало $\chi^2 \leq 10$. 51 событие - распады $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$.

На основании этого результата с учетом эффективностей регистрации нашей установкой указанных распадов /соответственно 0,106 и 0,125, см. стр. 6 /, вероятности распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$ /0,126/ и вероятности внутренней конверсии одного из γ -квантов при распаде π^0 /0,0116/, мы можем дать верхнюю границу вероятности распада $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$:

$$W_{\pi\pi e e} \leq 3.8 \cdot 10^{-5}$$

/уровень достоверности 67%/.

Если учесть также зарегистрированные ранее в камере Вильсона /6/ 10 распадов $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \rightarrow e^+ e^- \gamma$, то при этом же уровне достоверности получаем:

$$W_{\pi\pi e e} \leq 3 \cdot 10^{-5}$$

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность: Н.Н.Графову и В.П.Садилу - за большой вклад в создание и эксплуатацию установки; Ю.П.Петухову и С.Я.Сычкову - за активное участие в работе; В.А.Свиридову и И.А.Савину - за содействие и интерес к эксперименту; Л.Г.Макарову, Б.К.Курятникову и сотрудникам экспериментальных мастерских - за помощь в изготовлении установки; В.Я.Гвоздеву, И.Ф.Колпакову, П.К.Маньякову - за изготовление блоков быстрой электроники; сотрудникам группы Е.Н.Матвеевой - за изготовление и склейку сцинтилляторов; С.Ф.Федукову, В.П.Заболотину, А.С.Исаеву, В.Н.Перфееву, О.Н.Цисляку и И.Н.Яловому - за четкую и бесперебойную работу синхротрона; Н.Б.Едовинной и сотрудникам ее группы - за высокое качество проявки пленок; Л.С. Любимовой, Е.Ф.Филипповой, Н.М.Капитоновой - за просмотр пленок и помощь в их обработке; всем лаборанткам ЛВТА, принимавшим участие в обработке и измерении событий.

Литература

1. R. Tacher et al. Phys.Rev., 174, 1674 (1968).
2. Л.Кондратьев, Л.Пономарев, В.Захаров. Препринт ИТЭФ, № 626 /1968/.
3. Г.Варденга и др. Препринт ОИЯИ, 13-4527, Дубна, 1969. Int.Conf. on Instr., p. 362, Dubna, 1970.
4. Н.Ф.Маркова и др. Препринт ОИЯИ, P10-3768, Дубна, 1968.
5. З.М.Иванченко и др. Препринт ОИЯИ, P11-3983, Дубна, 1968.
6. М.Аникина и др. Препринт ОИЯИ, P-2090, Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 ноября 1973 года.