

C346.56

A-67

4/VI-65



ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ АН ГРУЗИНСКОЙ ССР

М. Аникина, Г. Варденга, М. Журавлева, Д. Котляревский,
Д. Нягу, Э. Оконов, Г. Тахтамышев, У Цзун-фань, Л. Чхаидзе, .

P - 2080

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ
РАСПАДОВ $K_2^0 \rightarrow 3\pi$

ЯФ, 1965, т 2, в 5, с 853-858.

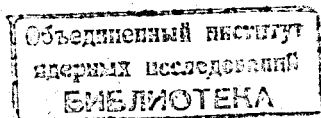
Дубна 1965

М. Аникина, Г. Варденга, М. Журавлева, Д. Котляревский,
Д. Нягу, Э. Оконов, Г. Тахтамышев, У Цзун-фань, Л. Чхандзе,

P - 2090

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ
РАСПАДОВ $K_2^{+3\pi}$

Направлено в журнал "Ядерная физика"



1. Из правила отбора $|\Delta I| = 1/2$ и требования CP инвариантности вытекают следующие соотношения между вероятностями нелептонных мод распада K_2^0 - и K^+ -мезонов^{/1/}.

$$R_1 = \frac{\Gamma_2(3\pi^0)}{\Gamma_2(\pi^+\pi^-\pi^0)} = 1,83 \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{\Gamma_2(3\pi)}{\Gamma_+(3\pi)} = 1,38. \quad (2)$$

Отношения получены с учетом поправок на фазовые объемы конечных 3π состояний. (Для отношения фазовых объемов взяты данные из работы^{/2/} $\rho(\pi^+\pi^+\pi^-) : \rho(\pi^+\pi^0\pi^0) : \rho(\pi^+\pi^-\pi^0) : \rho(3\pi^0) = 1:1,244:1,284:1,566$). При этом только R_2 чувствительно к примеси переходов с $|\Delta I| = 3/2$.

В настоящее время опубликованы две работы^{/3,4/}, из которых следует, что $R_1 = 2 \pm 0,4$. Эти работы выполнены с помощью пузырьковых камер с тяжелым наполнителем без магнитного поля. По всем известным экспериментальным данным $R_1 = 1,4 \pm 0,6$ ^{/5/}.

Целью настоящей работы является определение относительных вероятностей распадов $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$ и $K_2^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ ко всем распадам K_2^0 на вторичные заряженные частицы и оценка отношений R_1 и R_2 . Кроме того дается оценка $\frac{W(K_2^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\gamma)}{W(K_2^0 \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0)}$.

Работа выполнена с помощью камеры Вильсона объемом $100 \times 60 \times 17$ см³, помещенной в магнитное поле (средняя напряженность 9000 эрстед) и экспонируемой в пучке K_2^0 -мезонов синхрофазотрона ОИЯИ (описание установки приведено в работе^{/6/}).

2. Распад $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$ регистрировался по паре внутренней конверсии от распада $\pi^0 \rightarrow \gamma e^+ e^-$. В работе^{/7/} подробно описаны критерии отбора и метод расчета поправок.

В настоящей работе для большей надежности идентификации пар Далица добавлен критерий по углу наклона трека к плоскости снимка. Исследован вопрос об эффективности регистрации пар Далица и K_2^0 -распадов. Все поправки вычислены с учетом спектра K_2^0 -мезонов, полученного по идентифицированным K_{0s} и $K_{8\pi}$ распадам^{/8/}, и плотности

распределения вершин K_2^0 -распадов в равномерно освещенном объеме камеры.

Для отбора пар Далица было проанализировано 4330 K_2^0 -распадов, полученных и обработанных по единообразной методике (сняты одним стереофотоаппаратом, обработаны на полуавтомате и микроскопе УИМ-21).

Подавляющая часть распадов в этой группе является новым материалом, не вошедшим в работу [7]. Весь этот экспериментальный материал был обработан без выборки, на измерении отдавались все V^0 -события с длиной проекции треков на пленке $l \geq 3$ мм (среднее увеличение 12,5).

Из этой совокупности для анализа на пары Далица отбирались те события, которые при плотности почернения, соответствующей электронной, удовлетворяли следующим критериям отбора:

- 1) длина проекции на плотность фотографирования $L \geq 4$ см;
- 2) импульс $P_1 \leq 80$ Мэв/с, $P_2 \leq 100$ Мэв/с;
- 3) вершина лежит в равномерно освещенной области камеры;
- 4) угол наклона трека к плоскости фотографирования $\alpha \leq 45^\circ$;
- 5) угол вылета суммарного импульса $\theta \geq 20^\circ$;
- 6) угол разлета пары $\omega \leq 70^\circ$;
- 7) вершина вилки отстоит от торцовых стенок камеры и пластин не менее,

чем на 4 см.

Использованные критерии обеспечивают:

- 1) надежность измерений, 2), 3), 4) - возможность идентификации e^+ , e^- по ионизационным измерениям. Критерии 5), 6), 7) исключают фон от γ -квантов из мишени, рассеянных электронов и γ -квантов от распадов $\Lambda^0 \rightarrow p \pi^0$, $K_1^0 \rightarrow 2\pi^0$.

Перечисленным критериям удовлетворяют 16 пар Далица. Из них, согласно оценкам, возможный фон составляет $(1,5 \pm 0,5)$ пары. В таблице 1(а) приведены импульсные и угловые характеристики отобранных пар. Для них вычислены параметры $(\frac{m_\gamma}{m})^2$ и $\frac{\omega}{\omega_0}$, где m_γ - эффективная масса конвертирующего виртуального γ -кванта π^0 , $\omega_0 = \frac{E_1 + E_2}{E_1 E_2} m_e$, $m_\gamma^2 = 2(E_1 E_2 - P_1 P_2 \cos \omega + m_e^2)$, m_e - масса π^0 - мезона и электрона E_1 , P_1 и E_2 , P_2 - энергия и импульс электрона и позитрона соответственно). Распределение по параметру $(\frac{m_\gamma}{m})^2$ сравнивается с теоретическим (рис. 1), полученным [8] для пар внутренней конверсии от $\pi^0 \rightarrow \gamma e^+ e^-$. Распределение по $\frac{\omega}{\omega_0}$ (рис. 2) сравнивается с расчетным [10], полученным для пар Далица от π^0 , образующихся в распаде $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$, с учетом спектра K_2^0 - мезонов и использованных нами критериев отбора.

В таблице 1(б) и на рисунках 1 и 2 приведены соответствующие характеристики и распределения для 10 пар Далица от распада $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$

Экспериментальные распределения хорошо согласуются между собой и с расчетными.

Для восстановления истинного числа распадов $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$ нужно учесть вероятность образования пары Далица в распаде $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$ ($\epsilon = 0,037$) и ввести поправки, связанные с использованными критериями отбора.

Поправки получены моделированием распадов методом Монте-Карло на электронно-вычислительной машине. Относительное число пар Далица, удовлетворяющее всем критериям, равно 0,345, а сопоставимое число K_2^0 -распадов составляет 0,932 от наблюдавшегося.

Для определения относительной вероятности распада

$$R_3 = \frac{W(K_2^0 \rightarrow 3\pi^0)}{W(K_2^0 \rightarrow \text{заряж.})}$$

нужно знать эффективность просмотра для пар Далица и K_2^0 . Было показано, что эффективность просмотра для K_2^0 в пределах ошибок не зависит от ионизации треков, угла разлета в интервалах углов $0^\circ < \omega < 30^\circ$, $30^\circ < \omega < 60^\circ$, $60^\circ < \omega < 90^\circ$ и импульса при $P < 100$ Мэв/с и $P > 100$ Мэв/с, т.е. не зависит от тех факторов, которые отличают отбираемые нами пары Далица от K_2^0 -распадов.

В результате получаем:

$$R_3 = 0,28 \pm 0,08. \quad (3)$$

Это не противоречит данным работ /4,11/.

3. Распад $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$, как и в работе /12/, регистрировался по четырехлучевым событиям ($\pi^+ \pi^- e^+ e^-$) с π^+ , π^- -мезонами и парой внутренней конверсии.

В работе /12/ детально исследованы возможные источники фона.

В настоящей работе на экспериментальном материале в 4330 K_2^0 -распадов наблюдалось 11 четырехлучевых распадов, из них 10 - полностью измеримых (таблица I (б), рис. 1, 2). Для этих 10 событий вычислена масса распадающейся частицы при двух предположениях о схеме распада

$$K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \begin{matrix} \downarrow \\ \gamma e^+ e^- \end{matrix} \quad (4)$$

$$K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^- \quad (5)$$

Результаты расчета приведены в таблице II $M = (492 \pm 14)$ Мэв для (4), $M = (403 \pm 3)$ Мэв для (5). Следовательно, зарегистрированные нами четырехлучевые распады однозначно идентифицируются как распады типа $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$. Отсюда можно сделать заключение, что вероятность радиационного распада $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$ с последующей внутренней конверсией γ -кванта $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-$ меньше 0,1 от вероятности распада $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \begin{matrix} \downarrow \\ \gamma e^+ e^- \end{matrix}$.

Если учесть вероятность образования пары Далица от π^0 ($\epsilon = \frac{\pi^+ \pi^- e^+ e^-}{\pi^+ \pi^- \gamma} = 0,0125$) /13/

и вероятность внутренней конверсии γ - кванта в распаде $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma$

($\epsilon = \frac{K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- e^+ e^-}{K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma} = 0,0058$) /14/, то имеем:

$$\frac{W(K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \gamma)}{W(K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0)} \leq 0,2. \quad (6)$$

Эффективность регистрации четырехлучевых распадов равна 1, а для K_2^0 -мезонов эффективность трехкратного просмотра равна $(0,89 \pm 0,06)$. Зная вероятность образования пары Далица от π^0 и эффективность регистрации K_2^0 , получаем

$$R_4 = \frac{W(K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0)}{W(K_2^0 \text{ заряд.})} = 0,18 \pm 0,06. \quad (7)$$

Значение, полученное для R_4 , сравнимо с результатом работ /5,8/. Пользуясь нашими данными (3), (7), вероятностью распада $\Gamma_+(3\pi) = \Gamma_+(r) + \Gamma_+(r) = (5,77 \pm 0,11) \cdot 10^8 \text{ сек}^{-1}$ из /5/ и временем жизни K_2^0 -мезона $\tau_{K_2^0} = (5,3 \pm 0,6) \cdot 10^{-8} \text{ сек}$ /15/, для отношений (1) и (2) получаем

$$R_1 = 1,56 \pm 0,55$$

$$R_2 = 1,19 \pm 0,23.$$

Результаты согласуются с правилом отбора $|\Delta I| = \frac{1}{2}$. Из-за больших ошибок они не чувствительны к нарушению CP инвариантности порядка $2 \cdot 10^{-3/16}$.

В заключение авторы выражают благодарность научным сотрудникам А.Н.Мествиришвили, В.А.Русакову и Н.И.Петрову за помощь в работе, стажеру Ю.Р.Лукстиньшу за ионизационные измерения и группе механиков и лаборантов за участие в эксплуатации установки, просмотре пленок и измерениях.

Л и т е р а т у р а

1. Л.Окунь. Слабое взаимодействие элементарных частиц, стр. 198, Физматгиз, 1963.
2. D.Luers, J.Mittra, W.Willis., Yamamoto. Phys. Rev., 133, 5B 1276 (1964).
3. Aubert и др. Доклад на XII Международной конференции по физике высоких энергий, Дубна, 1964.
4. А.Александрян, А.Алиханян, А.Гальпер, Р.Кавалов, В.Кириллов-Угрюмов, Л.Кишиневская, Л.Котенко, Л.Кузин, Е.Кузнецов, Н.Маградзе, Г.Мерзон, И.Вартазарян. Препринт ФИАН им. Лебедева, А-75, Москва, 1964.
5. И.В.Чувилло. Раппортерский доклад на XII Международной конференции по физике высоких энергий. Препринт ОИЯИ Р-1789, Дубна, 1964.
6. Д.Котляревский, А.Мествиришвили, Д.Нягу, Э.Оконов, Н.Петров, В.Русаков, Л.Чхaidзе, У Цзун-фань. Препринт ОИЯИ Р-1919, Дубна, 1964.

7. М.Аникина, М.Журавлева, Д.Котляревский, З.Манджавидзе, А.Мествиришвили, Д.Нягу, Э.Оконов, Н.Петров, В.Русаков, Г.Тахтамышев, Л.Чхaidзе, У Цзун-фань. ЖЭТФ, 46, 59 (1964).
8. М.Аникина, Г.Варденга, М.Журавлева, Д.Котляревский, Ю.Лукстиньш, А.Мествиришвили, Д.Нягу, Э.Оконов, Г.Тахтамышев, У Цзун-фань, Л.Чхaidзе. Ядерная физика (в печати).
9. N.Kroll, W.Wada. Phys. Rev., 98, 1355, (1955).
10. И.Поплавский, Г.Тахтамышев. Препринт ОИЯИ: 1528, Дубна, 1964.
11. А.Александрян, А.Алиханян, А.Гальпер, Р.Кавалов, В.Кириллов-Угрюмов, Л.Котенко, Л.Кузин, Е.Кузнецов, Г.Мерзон. ЖЭТФ, 48, 1504, 1964.
12. М.Аникина, О.Гогитидзе, М.Журавлева, А.Козлов, Д.Котляревский, М.Манджавидзе, А.Мествиришвили, Д.Нягу, Э.Оконов, Н.Петров, А.Розанова, В.Русаков, Г.Тахтамышев, Л.Чхaidзе, У Цзун-фань, А.Церелов. ЖЭТФ, 45, 469, 1963.
13. R.H.Dalitz. Phys. Rev., 99, 915 (1958).
14. H.Chew. Nuovo Cimento, 26, 1109 (1962).
15. T.Fujii и др. Доклад на XII Международной конференции по физике высоких энергий, Дубна, 1964.
16. J.Christenson, J.Cronin, V.Fitch, R.Turley. Phys. Rev. Lett., 13, 138 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел
2 апреля 1965 г.

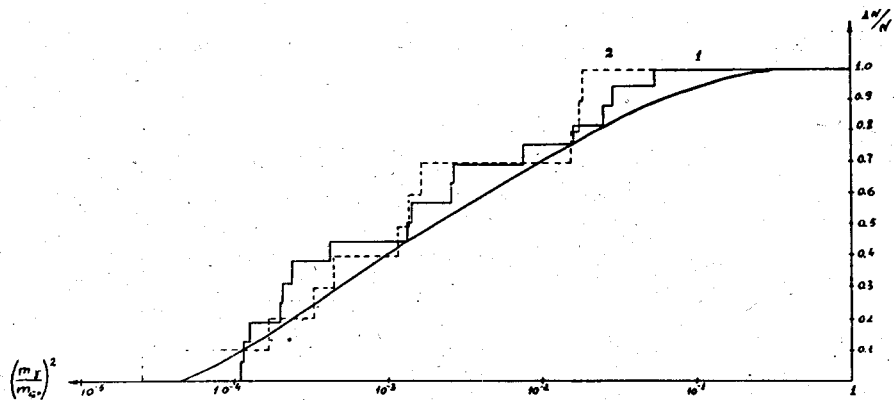


Рис. 1. Интегральное распределение по параметру $(\frac{m_1}{m_2})^2$.
 Гладкая кривая - теоретическое распределение для пар Далица.
 Гистограмма 1 - экспериментальное распределение для пар Далица от $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$.
 Гистограмма 2 - экспериментальное распределение для пар Далица от $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$.

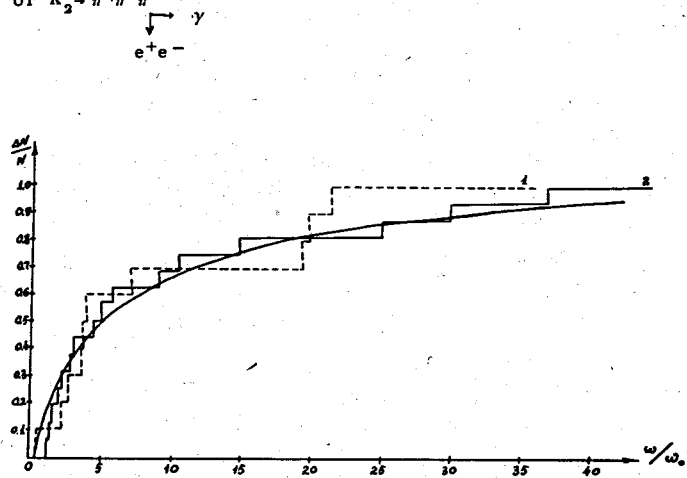


Рис. 2. Интегральное распределение по углу разлета ω/ω_0 .
 Гладкая кривая - расчетное распределение для пар Далица от распада $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$.
 Гистограмма 1 - экспериментальное распределение для пар Далица от распада $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$.
 Гистограмма 2 - экспериментальное распределение для пар Далица от распада $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$.

Т а б л и ц а 1

Импульсные и угловые характеристики пар Далица.
 а) Пары Далица от $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$. б) Пары Далица от $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$.

Шифр события	P_+ мб/с	P_- мб/с	d_+ град	d_- град	θ град	ω град	Шифр события	P_+ мб/с	P_- мб/с	d_+ град	d_- град	θ град	ω град
11-54	247±12	46±25	27,1	10,5	55,7	15,2	6-32	64,3±3	200±205	33	33	6,1	7,1
14-59	917±35	234±1	11,0	12,9	146,6	2,8	14-62	46,1±24	477±5	24,6	24,6	104,5	4,3
17-98	45±1	162±95	25,5	15,1	73,3	11,9	53-85	31,8±4,1	64,5±3	8,0	8,0	11,8	23,4
19-35	91±4,1	71±3,1	32,4	35,7	49,4	18,0	88-32	80,5±3	307±14	14,0	14,0	27,0	25,5
38-62	82±4	335±1,1	14,0	15,5	33,3	4,5	88-38	34,6±1	49±1,8	27,7	27,7	83,5	3,1
54-28	112±9,6	672±4,6	38,8	32,2	76,1	44,1	89-62	60,7±2,1	63,4±2,5	4,0	4,0	27,0	6,4
64-71	531±1,5	575±16	2,7	30,8	52,6	29,5	103-4	25,4±1	18,3±1	46,2	46,2	103,4	4,3
82-39	436±9,8	236±9,4	31,0	31,5	133,5	14,6	120-3	14,4±0,6	109±6	3,0	3,0	4,0	7,9
86-35	474±10	86,6±2,1	20,0	24,0	24,8	1,4	138-50	14±0,7	56,6±2,6	12,5	12,5	7,2	6,4
87-69	6±0,4	93±4,1	27,7	30,0	29,9	22,0	156-87	70±4	35±1	21,0	21,0	41,0	26,3
90-29	308±3,2	237±9,5	43,9	41,6	115,3	2,5	среднее	46,8	20,7	48,1	48,1	11,4	
100-30	55±3	95±5	23,0	1,0	45,1	29,9							
120-70	12±3	138±0,6	15,4	15,4	25,3	4,2							
143-23	95±4	541±4	1,0	3,8	44,7	4,8							
163-62	638±3,0	654±2,5	11,7	9,9	21,8	2,3							
163-85	147±0,5	441±2	31,2	24,1	51,6	7,3							
среднее	53,6	21,4	21,4	61,3	13,2								

Т а б л и ц а II

Расчетные значения параметров четырехлучевых событий

Идентиф. событие	$K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$		$K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \gamma$				$h, \text{см}$
	$M_1, \text{мев}$	$P_1, \text{мев}/c$	$M_2, \text{мев}$	$P_2, \text{мев}/c$	$\theta, \text{град}$	$P_3^0, \text{мев}/c$	
06-32			388 ± 9	144 ± 7	82 ± 1	143 ± 7	14
14-62	470 ± 43 (670)	489 ± 39 (145)	452 ± 12	334 ± 25	$17 \pm 4,5$	98 ± 16	9
53-85	514 ± 77 (872)	400 ± 60 (2020)	411 ± 22	412 ± 53	9 ± 1	64 ± 9	16,2
88-32	472 ± 23 (656)	209 ± 20 (152)	398 ± 12	222 ± 21	16 ± 1	60 ± 9	4,4
89-38	505 ± 20 (569)	357 ± 29 (141)	430 ± 10	234 ± 16	7 ± 1	30 ± 4	29,1
89-62	522 ± 57 (619)	530 ± 33 (1202)	434 ± 12	561 ± 34	3 ± 1	29 ± 4	18,7
102-4	472 ± 41 (613)	620 ± 52 (204)	363 ± 7	378 ± 20	10 ± 1	63 ± 7	8,5
120-3	490 ± 13 (3564)	261 ± 14 (32928)	406 ± 6	310 ± 13	$5,5 \pm 1$	30 ± 2	37,3
138-50	460 ± 31 (549)	532 ± 25 (886)	393 ± 9	402 ± 22	$6,5 \pm 1$	48 ± 1	27,1
156-87	522 ± 59 (526)	767 ± 56 (499)	388 ± 13	490 ± 31	11 ± 1	97 ± 1	39,1
средн.	492 ± 14	419 ± 38	403 ± 3	324 ± 26	$20,6 \pm 1$	$65,7 \pm 1$	$19,9 \pm 1$

Примечание: М - масса, Р - импульс, α - угол рассеяния, P^T - суммарный поперечный импульс распадающихся частиц, L - расстояние от пластины до вершины события (по пучку). В скобках даны вторые решения по схеме $K_2^0 \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$.