

С 346.58

М-534

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 2450



А. Мествиришвили, Д. Нягу, Н. Петров,  
В. Русаков, У Цзун-фань

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ  
РАСПАДА  $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$

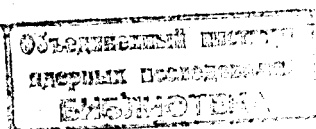
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1965

P - 2450

А. Мествиришвили,<sup>х)</sup> Д. Нягу, Н. Петров,  
В. Русаков, У Цзун-фань

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ  
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ  
РАСПАДА  $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$



Первое экспериментальное указание<sup>/1/</sup> о существовании распада  $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$  было получено при облучении магнитной камеры Вильсона диаметром 400 мм в пучке нейтральных частиц синхрофазотрона Объединенного института ядерных исследований. Тогда были зарегистрированы четыре электронно-позитронные пары, происхождение которых по условиям опыта было трудно объяснить другими процессами, кроме распада  $K_2^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0 \rightarrow e^+ + e^-$ . Позднее при продолжении этих исследований с помощью метровой камеры Вильсона было доказано существование рассматриваемого распада и сделаны определения его относительной вероятности<sup>/2,3/</sup>. Почти одновременно указанная вероятность была определена на синхрофазотроне ОИЯИ также с помощью пузырьковой камеры с тяжелым наполнителем<sup>/4/</sup>.

В настоящей заметке сообщаются новые данные, полученные при завершении обработки накопленного на камерах Вильсона экспериментального материала. Они базируются на 29 электронных парах, отобранных среди 9400  $V^0$ -событий от распада  $K_2^0$ -мезонов<sup>/</sup>.

При определении вероятности применялась та же методика идентификации и отбора пар Далитца, которая использовалась ранее<sup>/2/</sup>. Высота хорошо освещаемого объема, брались равной 120 мм. При этом учитывалось, что продолжения следов  $V^0$ -событий, вершины которых лежат внутри указанного объема, видны за его границами в областях высотой 10 мм. В объем, в котором регистрировались пары, не включались также области толщиной 50 мм у боковых стенок камеры и свинцовой пластинки, помещенной в ряде экспозиций в рабочий объем камеры. Внутри таким образом выделенного объема найдено 7520  $V^0$ -событий из всех зарегистрированных  $V^0$ -событий. В дополнение к ранее применявшимся критериям отбора пар по импульсам частиц ( $p_1 \leq 80$  Мэв/с и  $p_2 \leq 100$  Мэв/с), длинам проекций следов на плоскость снимка ( $l \geq 40$  мм), углу раствора следов ( $\omega \leq 70^\circ$ ) и углу вылета ( $\theta_i > 20^\circ$ ) введено ограничение<sup>xx/</sup> по глубинному углу ( $\alpha_i \leq 45^\circ$ ), образуемому вектором импульса пары с плоскостью снимка. Согласно расчету относительная доля пар, удовлетворяющих критериям отбора, составляет для метровой камеры 0,396. Расчет выполнен по методу Монте-Карло с учетом геометрии опыта и энергетического спектра  $K_2^0$ -мезонов на основе функции рас-

х/В это количество включено 6 пар Далитца, зарегистрированных среди 2130  $V^0$ -событий с камеры Вильсона диаметром 400 мм.

xx/ Несколько ранее это ограничение введено в работе<sup>/5/</sup>.

пределения пар, полученной Кроллом и Вада<sup>/6/</sup>. Характеристики отобранных пар приведены в таблице 1. Средние ошибки измерения величин, приведенных в таблице, следующие: импульсов - не больше 6%, углов разлета и глубинных углов - около 1,5- 2° и углов разлета - 2,5- 3°. На рис. 1 и 2 производится сравнение экспериментальных распределений пар по квадрату отношения эффективной массы пары и массы  $\pi^0$ -мезона и углу раствора с соответствующими расчетными распределениями для пар Далитца от распада  $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$ .

Т а б л и ц а 1

№№ пп	Ш н о р р	P+ (Мэв/с)	P- (Мэв/с)	$\theta$ (град)	$\alpha$ (град)	$\omega$ (град)
1	2	3	4	5	6	7
I	7-69	50	40	116	28	8
2	31-89	17	8	39	11	10
3	36-4	16	60	34	6	7
4	44-74(I)	50	33	77	32	20
5	64-122	29	103+18	33	10	3
6	70-15	52	7	62	24	16
7	73-85	62	53	28	25	18
8	76-67(2)	54	52	77	42	12
9	76-28	53	63	76	28	52
10	82-84(I)	82	61	30	12	28
11	83-53	62	57	50	11	27
12.	89-83(I)	26	73	51	12	4
13	90-38	98	18	84	28	5
14	91-84(I)	61	61	39	20	6
15	91-90	66	26	26	21	5
16	98-48(2)	58	31	36	26	3
17	100-97	77	36	33	30	2
18	508-103	81	49	48	42	5
19.	513-16	35	26	164	16	13
20	514-63	64	91	38	29	43
21	516-22(3)	29	85	41	19	11
22	520-21(2)	53	48	54	31	48
23	526-15	27	55	53	7	27
24	2-35	58	41	41	33	4
25	11-192	21	34	84	22	5
26	12-12	55	42	65	10	7

1	2	3	4	5	6	7
27	26-2	67	31	77	34	5
28	33-42	13	39	82	32	5
29	34-407	52	20	82	19	42
30	93-127	30	60	101	42	23
31	102-15	92	44	108	67	6
32	510-24	42	53	66	59	12

Величина эффективной массы X пары равна:

$$X = [(E_+ + E_-)^2 - (\bar{P}_+ + \bar{P}_-)^2]^{1/2}, \quad \text{где}$$

$E_+, \bar{P}_+$  и  $E_-, \bar{P}_-$  - энергия и импульс позитрона и электрона. С целью некоторого увеличения статистики в экспериментальные распределения включены три пары (NN 30, 31 и 32), не удовлетворяющие критериям отбора по глубинному углу и месту нахождения вершины пары. Как показал расчет, эти два критерия отбора практически не влияют на рассматриваемые распределения. Ввиду того, что ошибки опыта в несколько раз превосходят ошибки расчета, на рис. 1 и 2 показаны только экспериментальные ошибки.

Как видно из рис. 1 и 2, между экспериментальными и расчетными распределениями имеется вполне удовлетворительное согласие. Оно указывает (см. работу<sup>/2/</sup>), что вклад в отобранные пары от пар внешней конверсии мал. Расчетная оценка этого вклада равна 13,6%.

В таблице 2 производится сравнение экспериментального<sup>x/</sup> и расчетного распределений пар по параметру Y, равному:  $Y = \frac{|E_+ - E_-|}{P_+}$ , где  $P_+$  - абсолютная величина импульса пары

Т а б л и ц а 2

$\Delta Y$	Количество пар (%)	
	Опыт	Расчет
0,0-0,2	41,6 ± 9,4	24,8
0,2- ,4	25,0 ± 7,3	23,7
0,4-0,6	25,0 ± 7,3	20,9
0,6-0,8	6,3 ± 3,6	17,4
0,8-1,0	2,1 ± 2,1	13,2

<sup>x/</sup> В экспериментальное распределение, кроме пар, приведенных в таблице 1, включено 18 пар, рассматриваемых в работе<sup>/3/</sup>.

Поскольку распределения пар Далитца и пар внешней конверсии по параметру  $Y$  (в отличие от распределений по эффективной массе и углу раствора) близки между собой, указанное сравнение нельзя использовать для установления природы отобранных пар. Однако в условиях нашего опыта оно (сравнение) оказалось очень полезным для определения эффективности регистрации пар Далитца при визуальном просмотре снимков с камеры по отношению к эффективности регистрации  $V^0$ -событий от заряженных распадов  $K_2^0$ -мезонов.

Из таблицы 2 видно, что экспериментальные и расчетные распределения в данном случае не согласуются между собой. Действительно, если экспериментальное распределение разбить на два интервала:  $\Delta Y_1 = (0,0 - 0,6)$  и  $\Delta Y_2 = (0,6 - 1,0)$ , то количества пар в них отличаются от расчетных более чем на три стандартных отклонения.

Так как теоретическое распределение по параметру  $Y$  для пар Далитца от распада  $\pi^0 \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$  хорошо согласуется с экспериментальным распределением, полученным в работе /7/ на основе статистики свыше 3000 пар, то следует сделать заключение, что наблюдаемое расхождение распределений в условиях нашего опыта связано с малой эффективностью регистрации пар, у которых одна из частиц имеет небольшой импульс. Причиной пропуска таких пар, очевидно, является наличие фона посторонних частиц в камере. Как видно из таблицы 3, пропуск пар, у которых одна из частиц имеет небольшой импульс, практически не сказывается на распределениях пар по эффективной массе и углу разлета. Во втором и третьем столбцах этой таблицы приведены расчетные распределения (показанные на рис. 1 и 2), а во втором и третьем столбцах - полученные из них распределения путем исключения всех пар, у которых импульс одной из частиц не превышает 15 Мэв/с.

Т а б л и ц а 3

$\Delta(\frac{X}{M_{\pi^0}})^2$	Количество пар (%)		$\Delta\omega$	Количество пар (%)	
$10^{-5}-10^{-3}$	41,3	40,3	0-15 <sup>0</sup>	62,2	70,2
$10^{-3}-10^{-2}$	32,1	33,7	15-30 <sup>0</sup>	18,9	17,9
$10^{-2}-10^{-1}$	21,2	19,4	30-45 <sup>0</sup>	12,5	11,5
$10^{-1}-1,0$	5,4	6,6	45-70 <sup>0</sup>	6,4	1,6

Очевидно, что в пределах имеющейся статистики те и другие распределения согласуются с опытом.

Подтверждением того, что наблюдаемое расхождение распределений по параметру  $Y$ , действительно, имеет место и не обусловлено ошибками расчета или недостаточностью статистики, является наблюдение аналогичной картины в распре-

лениях для 36 пар внешней конверсии и 17 пар Далитца из четырехлучевых распадов<sup>x/</sup>.

Т а б л и ц а 4

$\Delta Y$	О п ы т		Т е о р и я	
	Пары внешней конверсии	Пары Далитца от $K_2^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0 \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$	Пары Далитца (%)	Пары Далитца (%)
0,0-0,2	11	7	18,2	
0,2-0,4	14	3	18,9	
0,4-0,6	5	4	20,6	
0,6-0,8	4	2	22,7	
0,8-1,0	2	1	19,6	

В данном случае из-за отсутствия отбора по импульсам и углам разлета в первых четырех интервалах количество пар должно медленно возрастать, немного уменьшаясь только в пятом интервале. Как видно из таблицы 4, в последнем столбце которой приведено теоретическое распределение для пар Далитца от распада  $\pi^0 \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$ , в приведенных экспериментальных распределениях (как и в случае пар Далитца от распада  $K_2^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \pi^0 \rightarrow \gamma + e^+ + e^-$ ), начиная со значения  $Y = 0,6$ , количество пар резко убывает. Так как вероятность того, что во всех трех рассмотренных распределениях по параметру  $Y$  расхождения объясняются только статистическими отклонениями, крайне мала, предположение о равенстве эффективности регистрации пар Далитца и  $V^0$ -событий от заряженных распадов  $K_2^0$ -мезонов, которое делалось ранее при определении вероятности распада  $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$  (работы /2,3/), является неправильным.

Чтобы ввести поправку на указанное различие эффективностей регистрации, мы считаем, что в интервале  $\Delta Y = 0,0 - 0,6$ , где нет явного расхождения между экспериментальными и расчетными распределениями, вероятность регистрации пар Далитца равна вероятности регистрации  $V^0$ -событий от заряженных распадов  $K_2^0$ -мезонов. Основанием для такого предположения является то обстоятельство, что найденная по результатам независимых просмотров вероятность регистрации  $V^0$ -событий, отнесенных при предварительной (визуальной) идентификации в разряд "похожих" на пары Далитца (среди которых практически нет событий с импульсами частиц менее 40 Мэв/с), оказалась в пределах ошибок определения равной эффективности регистрации остальных событий. Введенная таким образом поправка приводит к увеличению количества пар Далитца (исправленного на критерии отбора) на фактор  $1,32^{+0,10}_{-0,07}$ . Указанная ошибка введения поправки учитывает расчетные ошибки, а также возможность

<sup>x/</sup> В распределение включено 10 пар Далитца, рассмотренных в работе /3/.

того, что граница области, внутри которой эффективности регистрации пар Далитта и остальных  $V^0$ -событий одинаковы, может находиться около значения  $Y = 0,4$ .

Величина относительной вероятности, найденная на основе наблюдения 29 пар Далитта с учетом поправки на эффективность регистрации равна  $x/$ :

$$\frac{W(K_2^0 \rightarrow 3\pi^0)}{W(K_2^0 \rightarrow \text{заряженные частицы})} = (31_{-8}^{+7}) \%$$

Эта величина выше значений, полученных в цитированных работах  $/2,3,4/$ , но в пределах ошибок согласуется с данными этих работ. Она также согласуется с экспериментальными отношениями вероятностей распадов  $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$  и  $K_2^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ , найденными в работах  $/8,9/$ .

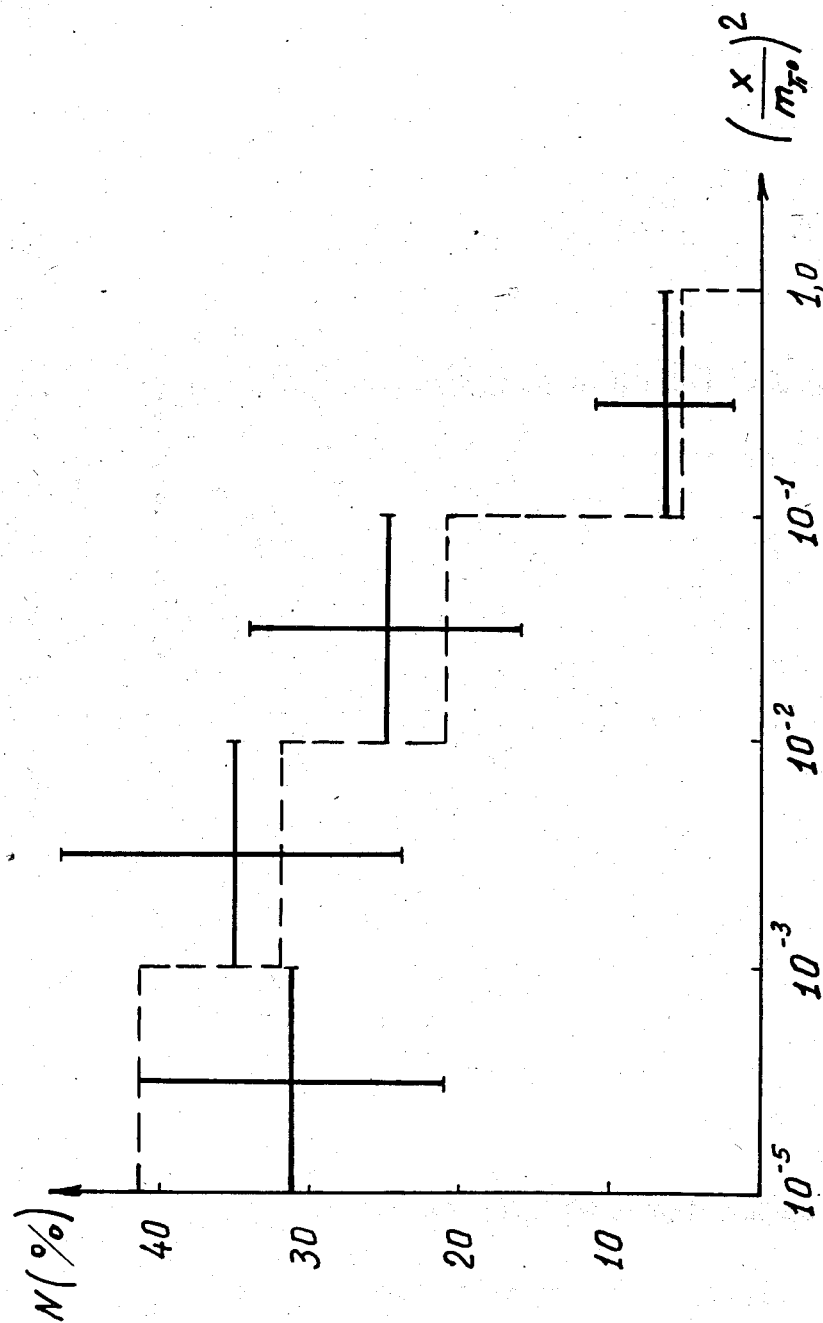
В заключение авторы выражают благодарность научным сотрудникам Д.Котляревскому, Э. Оконову, Г. Тахтамышеву и Л. Чхидзе за помощь в работе. Авторы также благодарны большой группе лаборантов за обслуживание экспериментальной установки и обработку фотоснимков.

#### Л и т е р а т у р а

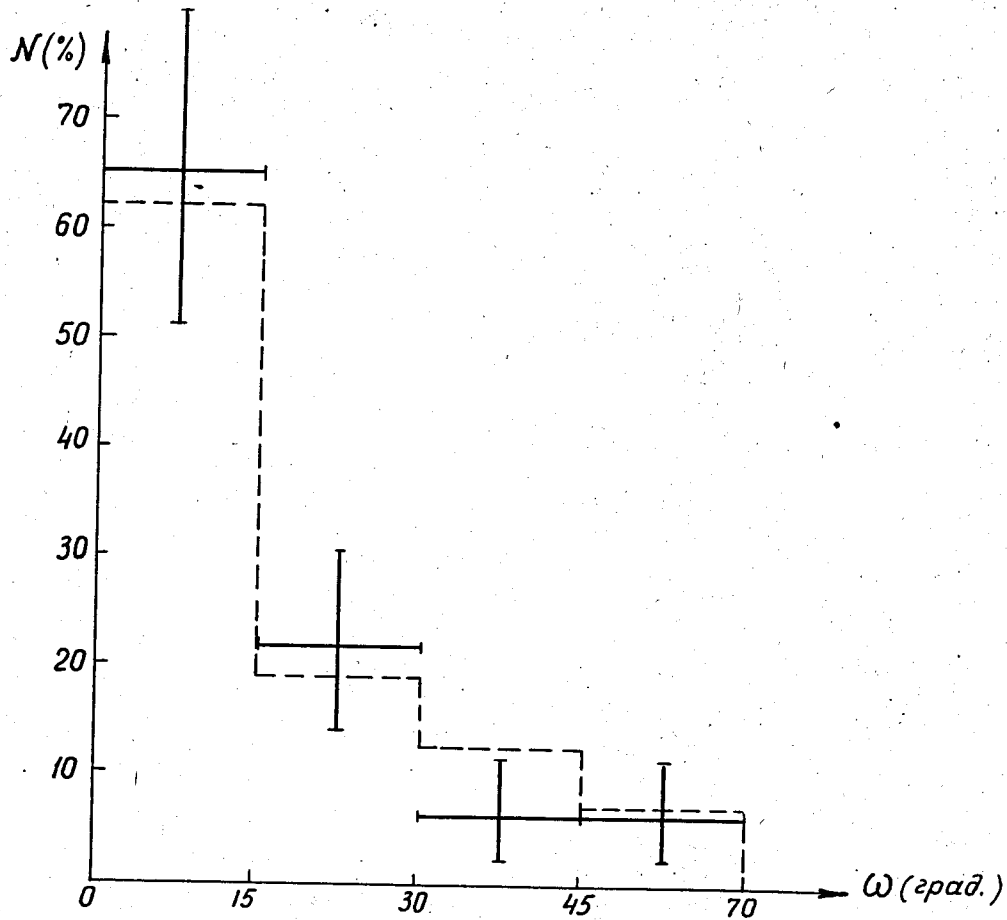
1. Д.В. Нягу, Э.О. Оконов, Н.И. Петров, А.М. Розанова, В.Д. Русаков. ЖЭТФ, 40, 1818 (1981).
2. М.Х. Аникина и др. ЖЭТФ, 46, 59 (1984).
3. М.Х. Аникина и др. Препринт ОИЯИ, Р-2080, Дубна (1985).
4. А. Алексамян и др. ЖЭТФ, 45, 489 (1983).
5. Л. Каланадзе. Дипломная работа. Тбилисский государственный университет, 1984 г.
6. Kroll and W.Wada. Phys. Rev., 98, 1355 (1955).
7. N.P. Sanios and oth. Phys. Rev., 126, 1844 (1962).
8. А. Алексамян и др. Препринт ФИАН им. Лебедева, А-75, Москва, 1984.
9. Aubert and oth. Доклад на XII международной конференции по физике высочайших энергий, Дубна, 1984.

Рукопись поступила в издательский отдел  
20 ноября 1985 г.

$x/$  При определении вероятности учтено, что для камеры Вильсона диаметром 400 мм доля отбираемых пар Далитта равна 0,352.



Р и с. 1. Распределение отобранных пар по параметру  $(\frac{x}{m_{\pi^0}})^2$ . Пунктиром показано расчетное распределение.



Р и с. 2. Распределение отобранных пар по углу раствора. Пунктиром показано расчетное распределение.