

8
A-67
485



М.Х. Аникина, Д.В. Нягу, Э.О. Оконов, Н.И. Петров,
А.М. Розанова, В.А. Русаков

Д-785

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ
НЕКОТОРЫХ СЛЕДСТВИЙ
СР-ИНВАРИАНТНОСТИ
В РАСПАДАХ K_2^0 -МЕЗОНОВ

ЖЭТФ, 1962, т. 42, в. 1, с. 130-134.

М.Х. Аникина, Д.В. Нягу, Э.О. Оконов, Н.И. Петров,
А.М. Розанова, В.А. Русаков

Д-785

1199/a
чр.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ
НЕКОТОРЫХ СЛЕДСТВИЙ
СР-ИНВАРИАНТНОСТИ
В РАСПАДАХ K_2^0 -МЕЗОНОВ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Почти одновременно с первыми экспериментами, доказавшими несохранение пространственной четности в β -распаде, Ландау^{/1/} и Ли и Янгом^{/2/} была выдвинута гипотеза CP-инвариантности, согласно которой в слабых взаимодействиях не имеет место сохранение пространственной четности / P / и четности по зарядовому сопряжению / C / в отдельности, а существует лишь инвариантность относительно совокупности указанных операций / CP /. К настоящему времени выполнено мало работ, посвященных проверке этой гипотезы, а экспериментальные указания в ее пользу получены в основном для распадных взаимодействий без участия странных частиц.

Поэтому проведение дальнейших экспериментальных исследований по проверке следствий CP-инвариантности имеет очень большое значение для теории слабых взаимодействий.

В применении к распадам нейтральных K-мезонов CP-инвариантность приводит к ряду следствий, которые сравнительно легко поддаются экспериментальному изучению:

1/ Распад долгоживущего K^0 -мезона на два π -мезона запрещен.

2/ Для трехчастичных лептонных распадов отношение вероятностей испускания положительных и отрицательных B_1 -мезонов /называемое нами в дальнейшем "зарядовым отношением"/,

$$R = \frac{w(K_2^0 \rightarrow \pi^+ + e^-(\mu^-) + \nu)}{w(K_2^0 \rightarrow \pi^- + e^+(\mu^+) + \nu)}$$

равно единице.

3/ Распад на 3 π^0 -мезона может иметь место только для K_2^0 -мезона, а распад $K_2^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$ по крайней мере в 100 раз более вероятен, чем аналогичный распад коротко живущего K^0 -мезона^{x/}.

Первые экспериментальные данные относительно следствия /1/ были получены в работе Бардона и др.^{/4/}, в которой среди 150 зарегистрированных распадом K_2^0 -частиц не найдено ни одного распада на 2 заряженных π -мезона.

x/ Строго говоря, следствия /1/ и /2/ не являются независимыми, поскольку, как это было показано Вейнбергом^{/3/}, запрет распада $K_2^0 \rightarrow 2\pi$ ограничивает величину возможной "зарядовой асимметрии".

На Рочестерской конференции /1957 г./ в докладе Ледермана были приведены данные относительно 54 идентифицированных случаев K_2^0 -распадов, из которых в 16 испускается π^- , а в 38 - π^+ -мезон^{x/2}. Однако, автор доклада не счел возможным сделать выводы о том, согласуются или не согласуются эти данные с CP-инвариантностью.

В настоящей работе, выполненной методом камеры Вильсона в магнитном поле на синхрофазотроне Объединенного института ядерных исследований, изучение следствий /1/, /2/ и /3/ проведено на основе анализа 649 распадов долгоживущих K_2^0 -мезонов. Постановка опыта подробно описана в нашей предыдущей работе /6/.

1. Первым этапом поисков двухчастичных распадов был визуальный просмотр всех зарегистрированных K_2^0 -мезонов. При этом отборе считалось, что распад K_2^0 -мезона не является двухчастичным, если оба следа распадных заряженных частиц расположены по одну сторону от направления движения K_2^0 -мезонов или оба следа направлены вверх или вниз относительно горизонтальной плоскости /совпадающей в нашем случае с плоскостью фотоснимка/. Визуальным путем было отобрано 339 случаев трехчастичного распада. Для остальных K_2^0 -распадов производились измерения импульсов (P) распадных частиц, углов вылета (θ), азимутальных углов ϕ и углов разлета γ . При измерениях исключались из рассмотрения K_2^0 -распады, у которых один или оба следа имели длину менее 40 мм или азимутальный угол более 80° . Исключались из рассмотрения также K_2^0 -распады с углами вылета распадных частиц, близкими к 90° , а также распады на тех снимках, где высокая фоновая загрузка не позволяла провести надежные измерения. По этим причинам из дальнейшего, рассмотрения было исключено 52 K_2^0 -распада. Затем каждое из измеренных событий анализировалось с помощью следующих кинематических критериев двухчастичного распада:

^{x/}
работы /4/, включает 8 K_2^0 -распадов, идентифицированных берклиевской группой.

а/компланарность следов распадных частиц с направлением движения распавшегося K_2^0 -мезона

$$\phi_+ = \phi_- + 180^\circ \times /;$$

б/ баланс поперечных составляющих импульсов распадных частиц

$$P_+ \sin \theta_+ = P_- \sin \theta_-;$$

в/ соответствие измеренных импульсов распадных частиц и их угла разлета:

$$E_+ E_- - P_+ P_- \cos \gamma = \frac{m_K^2 - m_+^2 - m_-^2}{2},$$

где E_{\pm} - полные энергии, а m_{\pm} , m_K - массы частиц.

В качестве меры отклонения анализируемого события от распада на два π -мезона принималось отношение разности сравниваемых величин - азимутальных углов, поперечных составляющих импульсов и измеренного и вычисленного углов разлета - к величине средней квадратичной ошибки определения этой разности. Средние квадратичные ошибки измерения имели следующие значения: импульса не более 15%, азимутального угла - $3-4^\circ$, угла разлета - $3-4^\circ$. Направление падающего пучка K_2^0 -мезонов задавалось геометрией опыта с точностью $\pm 1^\circ$. Практически оно было определено путем провешивания гибкой натянутой нити от внутренней мишени синхрофазотрона через коллиматор и середину рабочего объема камеры Вильсона. Дополнительно указанное направление проверялось посредством измерения углового распределения электронно-позитронных пар, образуемых в газе камеры "пучковыми" γ -квантами.

Результаты анализа приведены в таблице 1. В этой таблице в столбце I дано распределение всех проанализированных событий, а в столбце II - только тех, к которым можно было одновременно применить не менее двух критериев отбора.

x/ Значки + и - обозначают, что измеренные величины относятся к положительной и отрицательной распадным частицам.

Т а б л и ц а 1.

Отклонение /в средних квадратичных ошибках/	Количество событий	
	I	II
0 - 1	0	0
1 - 2	2	1
2 - 3	15	7
3 - 4	37	23
4 - 5	51	38
> 5	96	83
В с е г о	201	152

Для проверки надежности визуального отбора были проделаны измерения следов для 60 K_2^0 -распадов, отобранных ранее визуально. При этом было найдено, что для них мера отклонения от двухчастичной распадной схемы составляет более 5 средних квадратичных ошибок.

Таким образом, среди 597 проанализированных нами K_2^0 -распадов не найдено ни одного распада, укладывающегося в пределах одной средней квадратичной ошибки в распадную схему $K_2^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+$.

Имеются два обстоятельства, которые могли бы помешать определению истинного количества распадов долгоживущих K^0 -мезонов на два π -мезона. Это, во-первых, регенерация K_1^0 -мезонов в стенке камеры и свинцовой пластинке с последующим распадом K_1^0 на 2 заряженных π -мезона, и, во-вторых, имитация двухчастичных распадов трехчастичными распадами. Для оценки числа регенерированных K_2^0 -мезонов, в нерассеянном пучке K^0 -частиц, мы воспользовались данными опыта Мюллера и др. ^{17/2}, которые с помощью пузырьковой камеры изучали регенерацию K_2^0 -частиц с импульсом 670 Мэв/с на ядре железа. Согласно этим данным, мы могли наблюдать около одного распада K_1^0 -мезона. Поэтому в нашем случае распады ре-

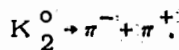
генерированных K_1^0 -мезонов не могли дать вклад в число возможных распадов по схеме $K_2^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+$ x/.

Двухчастичные распады могут имитироваться только теми трехчастичными распадами, в которых распадное нейтрино вылетает в направлении вперед и имеет небольшую энергию. Если предположить, что энергетические спектры электронов и нейтрино одинаковы, то из данных измерений импульса распадных частиц можно сделать оценку ожидаемого числа ложных двухчастичных распадов.

Среди всех распадных электронов имеется только один электрон с энергией меньше 20 Мэв, а в интервале углов вылета $0 - 30^\circ$ найден только один электрон с энергией 21 Мэв; энергия других распадных электронов в этом интервале углов вылета более 100 Мэв.

Согласно этим данным, мы могли зарегистрировать в пределах ошибок измерения около двух трехчастичных распадов, близких по своим кинематическим характеристикам к двухчастичному распаду $K_2^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+$, что не расходится с результатами анализа, проведенного выше /см. таблицу 1/.

Таким образом, оба обстоятельства в рамках статистического материала, полученного в данном опыте, еще не создают препятствий для определения относительной вероятности двухчастичного распада



2. Для определения "зарядового отношения" R использовались данные по идентификации K_{e3} -распадов, полученные нами при изучении происхождения распадных частиц через свинцовую пластину xx/ и при измерении ионизации продуктов распада с импульсом меньше 120 Мэв/с. При втором методе идентификации отбирались распадные частицы с минимальной ионизацией. Такая частица идентифицировалась как электрон, если ее измерен-

x/ Следует также учесть, что средний пробег регенерированных K_1^0 -мезонов составляет 2,5 см, а вероятность регистрации V^0 -события вблизи передней стенки камеры и свинцовой пластинки из-за фоновых условий меньше, чем в остальных областях камеры.

xx/ Подробно эта методика описана в нашей предыдущей работе /6/.

ный импульс не превышал 100 Мэв/с, или считалось, что распадная частица не является π -мезоном, если ее импульс лежал между 100 Мэв/с и 120 Мэв/с.

В результате этого анализа было определено зарядовое отношение, которое оказалось равным

$$R = \frac{w(K_2^0 \rightarrow \pi^- \dots)}{w(K_2^0 \rightarrow \pi^+ \dots)} = \frac{46}{51} = (0,90 \pm 0,18).$$

Как видно, в пределах ошибок найденное отношение не отличается от единицы ^{x/}.

Таким образом, оба полученных нами результата: отсутствие распадов $K_2^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+$ и величина "зарядового отношения" $R \approx 1$ свидетельствуют в пользу CP-инвариантности в распадном взаимодействии K^0 -мезонов. Полученные ранее ^{6/,10/} экспериментальные данные относительно распадов долгоживущего K_2^0 -мезона на 3 π -мезона также качественно согласуются с гипотезой о CP-инвариантности. Действительно, зарегистрированный нами случай распада $K_2^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+ + \pi^0$ с последующим распадом π^0 -мезона через пару Далица указывает на то, что указанный распад составляет заметную долю от всех K_2^0 -распадов. С другой стороны, как показал анализ, проведенный в работе ^{7/}, обнаруженные 4 пары Далица следует рассматривать как прямое экспериментальное указание на существование распада $K_2^0 \rightarrow 3\pi^0$.

В то же время для K_1^0 -мезона до сих пор не было зарегистрировано ни одного надежного случая распада $K_1^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^0$. Что же касается запрета распада $K_1^0 \rightarrow 3\pi^0$, то его экспериментально проверить значительно труднее. Однако на основании изотоп-инвариантности и правила отбора $|\Delta I| = 1/2$ можно утверждать, что этот распад запрещен по крайней мере в такой же степени, как и $K_1^0 \rightarrow \pi^- + \pi^+ + \pi^0$. Эта совокупность экспериментальных данных хорошо укладывается в рамки CP-инвариантности.

^{x/} Этот результат, опубликованный нами в предварительном сообщении, в настоящее время уточняется.

В заключение отметим, что среди 597 проанализированных нами K_2^0 - распадов не удалось обнаружить ни одного случая 2-х лептонного распада типа:

$$1) K_2^0 \rightarrow e^- + e^+,$$

$$2) K_2^0 \rightarrow \mu^- + \mu^+,$$

$$3) K_2^0 \rightarrow \mu^\pm + e^\mp. \quad x/$$

Полученный экспериментальный факт свидетельствует об отсутствии нейтральных лептонных "токов" в распадном взаимодействии K_2^0 - мезонов. Это обстоятельство затрудняет введение нейтральных промежуточных бозонов в теорию слабых взаимодействий /11/.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность всему коллективу отдела синхрофазотрона, его руководителю Л.П. Зиновьеву, главному инженеру Н.И. Павлову, руководителю группы вывода К.П. Мызникову и операторам С.В. Федукосу, И.Н. Яловому, Е.Н. Кулаковой, Л.М. Попиненковой, четкая работа которых обеспечила постановку этого эксперимента на синхрофазотроне.

Мы благодарны также Б.М. Понтекорво за постоянный интерес и внимание к работе, В.И. Векслеру и В.П. Джелепову за содействие в выполнении работы, П.И. Жабину, В.А. Смирнову, Л. Филатовой, Н. Курилиной, за участие в измерениях.

x/ Следует подчеркнуть, что распады 1/ и 2/ /в отличие от соответствующих распадов K_1^0 - мезонов/ разрешены с точки зрения CP -инвариантности.

Л и т е р а т у р а

1. Л.Д. Ландау ЖЭТФ 31, 405, 1957.
2. T.Lee, C.Yang. Phys.Rev. 105, 1671 (1957).
3. Weinberg. Phys.Rev. 110, 782 (1958).
4. M.Bardou, K.Lande, L.Lederman. Ann. of Phys. 5, 156 (1958).
5. Доклад Ледермана на 7-й Рочестерской конф. 1957 г.
6. Д. Нягу, Э.О. Оконов, Н.И. Петров, А.М. Розанова, В.А. Русаков ЖЭТФ 40, 1618, 1961.
7. F.Muller, O.Piccioni et al. Phys.Rev.Lett. 4, 418 (1960).
8. D.Neagu, E.O.Okonov, N.J.Petrov, A.M.Rosanova, V.A.Rusakov. Phys.Rev.Lett. 6, (552) 61.
9. Э.О. Оконов, Н.И. Петров, А.М. Розанова, В.А. Русаков. ЖЭТФ 39, 67, 1960.
10. T.Lee, C.Yang. Phys.Rev. 119, (1410) (1960).

Рукопись поступила в издательский отдел

10 августа 1961 года.