

763

BM
+



ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ
ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Л. Б. Окунь, Б. Понтекорво

Д - 763

ОРИГИНАЛЬНЫЙ КОПИЛОН

ЧТО ТЯЖЕЛЕЕ: "МЮОНИЙ ОДИН
ИЛИ "МЮОНИЙ ДВА" ?

Дубна 1961

Л.Б. Окунь, Б. Понтекорво

Д - 763

ЧТО ТЯЖЕЛЕЕ: "МЮОНИЙ ОДИН
ИЛИ "МЮОНИЙ ДВА" ?

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

Несколько лет назад было отмечено ^{/1/}, что мюоний - атомарная система $M \equiv (\mu^+ e^-)$ - в вакууме может превращаться в антимюоний $\tilde{M} \equiv (\mu^- e^+)$ при этом осцилляции $M \rightleftharpoons \tilde{M}$ аналогичны превращениям ^{/2/} $K^0 \rightleftharpoons \tilde{K}^0$

В последнее время в литературе появились многочисленные работы, посвященные этой проблеме ^{/3,4,5,6/}. Цель настоящей заметки - подчеркнуть, что аналогия между осцилляциями $M \rightleftharpoons \tilde{M}$ и $K^0 \rightleftharpoons \tilde{K}^0$ даже более полная, чем замечено раньше и указать, что существуют разные каналы распада у комбинированно-четной и нечетной систем $M_1 = \frac{(M + \tilde{M})}{\sqrt{2}}$ и $M_2 = \frac{(M - \tilde{M})}{\sqrt{2}}$ равно как это бывает в случае K_1^0 и K_2^0 . M_1 и M_2 здесь являются диагональными состояниями мюония в вакууме.

Рассмотрим случай, когда имеется только один сорт нейтрино и нет прямого $(\mu e) (\mu e)$ - взаимодействия ^{/1/}. Можно было бы ожидать, что именно этот случай соответствовал бы действительности, если бы в природе действовала так называемая "Киевская симметрия" ^{/7/}, т.е. инвариантность всех процессов слабого взаимодействия по отношению к перестановке $\mu \rightarrow \Lambda$ $e \rightarrow p$, $\nu \rightarrow p$. Эта симметрия при наличии осцилляции $K^0 \rightleftharpoons \tilde{K}^0$ прямо указывает на возможность осцилляций $M \rightleftharpoons \tilde{M}$. Как бы то ни было, в этом случае превращение $M \rightleftharpoons \tilde{M}$ обусловлено тем же взаимодействием, которое отвечает за распад свободного мюона $\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \tilde{\nu}$. Возникает вопрос, чем отличаются распады четной и нечетной по мюонию комбинаций? Каналы распада комбинированно-нечетного $M_2 = \frac{M - \tilde{M}}{\sqrt{2}}$ будут

$$\begin{aligned}
 e^+_{\text{быстр.}} + \nu + \tilde{\nu} + e^-_{\text{медл.}} & \quad /1/ \\
 e^-_{\text{быстр.}} + \nu + \tilde{\nu} + e^+_{\text{медл.}} & \quad /2/ \\
 \nu + \tilde{\nu} & \quad /3/
 \end{aligned}$$

Здесь рассматривается мюоний со спином 1, так как система со спином 0 не может распадаться на пару $\nu \tilde{\nu}$, ввиду продольности нейтрино. Комбинированно-четная система $M_1 = \frac{M + \tilde{M}}{\sqrt{2}}$ может распадаться по каналам 1 и 2, но ее распад по каналу 3 запрещен. Комбинированно-четная система со спином 1 не может распадаться на $\nu + \tilde{\nu}$, равно как нечетный K_2^0 -мезон со спином, равным нулю, не может распадаться на два

пиона. Согласно теореме Лемана^{/8/}, можно утверждать, что масса M_2 больше, чем масса M_1 . Как известно, вопрос^{/9/} о том, что тяжелее - K_1^0 или K_2^0 - мезон - нельзя решить на основании теоретических соображений из-за трудностей, связанных с сильным взаимодействием.

В отличие от случая K_1^0 и K_2^0 , разница в свойствах распада M_1 и M_2 систем, конечно, крайне мала. Физическая причина этого связана с большими размерами атомарных систем: хотя, строго говоря, распадающимися объектами являются M_1 и M_2 , фактически распадается в подавляющем большинстве случаев "независимый" мюон внутри атомарной системы. Но, в принципе, разница в каналах распада M_1 и M_2 имеет место, и казалось интересным указать на это обстоятельство хотя бы с педагогической точки зрения.

Вышеизложенные аргументы о разных каналах распада M_1 и M_2 остаются в силе и в том случае, когда имеется прямое $(\mu e)(\mu e)$ взаимодействие^{/1/}, но, конечно, разница масс M_1 и M_2 будет тогда определена $(\mu e)(\mu e)$ - взаимодействием,^{/10/} и мы не можем ничего сказать о знаке разности масс M_2 и M_1 .

Предположим теперь, что в природе имеются два типа нейтрино ν_e и ν_μ ^{/11/}. Если e и ν_e , с одной стороны, и μ и ν_μ , с другой стороны, имеют разные аддитивные квантовые числа/заряды/ то переход $M \rightleftharpoons \tilde{M}$ строго запрещен и представление о M_1 и M_2 не имеет физического смысла.

Обсудим сейчас предложенную недавно^{/12//13/} возможность существования мультипликативных квантовых чисел. Согласно этой точке зрения, распад свободного мюона описывается схемой $\mu^+ \rightarrow \{ e^+ + \tilde{\nu}_\mu + \nu_e + \tilde{\nu}_e \}$ а превращение $M \rightleftharpoons \tilde{M}$ обусловлено прямым $(\mu e)(\mu e)$ взаимодействием. В этом случае нет разницы в каналах распада четного и нечетного мюония. Как для M_1 , так и для M_2 возможны следующие каналы распада:

$$\begin{array}{l}
 e^+_{\text{быстр.}} + \nu_e + \tilde{\nu}_\mu + e^-_{\text{медл.}} \\
 e^-_{\text{быстр.}} + \nu_e + \tilde{\nu}_\mu + e^+_{\text{медл.}} \\
 e^+_{\text{быстр.}} + \tilde{\nu}_e + \nu_\mu + e^-_{\text{медл.}}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \bar{e} \text{быстр.} + \tilde{\nu}_e + \nu_\mu + e^+ \text{медл.} \\
 \nu_e + \tilde{\nu}_\mu \\
 \tilde{\nu}_e + \nu_\mu
 \end{array}$$

Авторы благодарны С.С. Герштейну за интересные обсуждения.

Л и т е р а т у р а

1. Понтекорво, ЖЭТФ, 33, 549 /1957/.
2. M.Gell-Mann, A.Pais, Phys.Rev. 97, 1387 (1955).
3. S.Weinberg, G.Feinberg, Phys.Rev.Lett.
4. N.Cabbibo, R.Gatto, Nuovo Cimento, XIX, 612 (1961).
5. S.L.Glashow, Phys.Rev.Lett. 6, 196 (1961).
6. S.L.Glashow, Nuovo Cimento XX, 591 (1961).
7. A.Gamba, R.E.Marshak, S.Okubo, Proc. Nat. Acad. Sci. 45, 881 (1959).
8. N.Lehman, Nuovo Cimento, II, 342 (1954).
9. И.Ю. Кобзарев, Л.Б. Окунь, ЖЭТФ, 39, 605, 1960 г.
10. Л.Б. Окунь, Б. Понтекорво, ЖЭТФ, 32, 1587 /1957/.
11. Б. Понтекорво, ЖЭТФ, 37, 1751, 1959 г.
12. R.Gatto, Proceedings of the 1960 annual International Conference on High Energy Physics. Rochester, 1960, p. 609.
13. G.Feinberg, S.Weinberg, Phys.Rev.Lett. 6, 381 (1961).

Рукопись поступила в издательский отдел
29 июня 1961 года.