

РАСПАД $K^0 \rightarrow K^+ e^- \bar{\nu}_e$

© 2019 г. Н. Н. Шишов*

НИЦ “Курчатовский институт” — ИТЭФ, Москва, Россия

Поступила в редакцию 20.07.2018 г.; после доработки 20.07.2018 г.; принята к публикации 20.07.2018 г.

Вычислена ширина распада нейтрального K -мезона на заряженный K^+ -мезон, электрон и антинейтрино. Получены значения относительных вероятностей распада для K_L - и K_S -мезонов на $K^+ e^- \bar{\nu}$: $\approx 4 \times 10^{-9}$ и $\approx 10^{-11}$ соответственно. Приведенные вычисления справедливы и для нейтральных антикаонов, распадающихся на заряженный K^- -мезон, позитрон и нейтрино.

DOI: 10.1134/S0044002719010173

Все существующие распады K^0 -мезонов идут с изменением странности за счет взаимодействия кваркового тока (us) с лептонными токами ($e\nu$) и ($\mu\nu$) [1]. Но для K^0 -мезонов существует единственная возможность распада без изменения странности благодаря взаимодействию тока (ud) и лептонного тока ($e\nu$). Этот распад подобен β -распаду нейтрона и распадам заряженных пионов $\pi^\pm \rightarrow \pi^0 e^\pm \nu$, и его вероятность была оценена Окунем в $\sim 0.1 \text{ с}^{-1}$ [2]. Он изображается кварковой диаграммой (рис. 1), и его амплитуда имеет вид

$$M = \frac{G}{\sqrt{2}} (\cos \vartheta) V_\alpha L^\alpha,$$

где $L_\alpha = \bar{\nu} \gamma_\alpha (1 + \gamma_5) e$, $V_\alpha = (f_+ p_\alpha + f_- q_\alpha) \varphi_2 \varphi_1$. Здесь φ_1 и φ_2 — волновые функции K^0 - и K^+ -мезонов, p_1 и p_2 — их 4-импульсы, $p = p_1 + p_2$, $q = p_1 - p_2$, f_+ и f_- — безразмерные формфакторы, являющиеся функциями q^2 . В случае малого энергосвечения в распаде $K^0 \rightarrow K^+ e^- \bar{\nu}_e$ можно считать, что во всей физической области q^2 функции f_+ и f_- постоянны: $f_+(q^2) \approx f_+(0)$ и $f_-(q^2) \approx f_-(0)$. Так как векторный ток сохраняется — $q^\alpha V_\alpha = 0$. Это равенство должно выполняться в пределе строгой изотопической инвариантности при выключенном электромагнитном взаимодействии [3]. При этом $qp = m_{K^0}^2 - m_{K^+}^2 = 0$ и условие поперечности имеет вид $q^2 f_-(q^2) = 0$ и, следовательно, $f_- = 0$. Величина f_+ определяется тем, что векторный (ud)-ток входит в один триплет с изовекторным электромагнитным током и является слабым векторным зарядом. Его величина в

переходе $K^0 \rightarrow K^+$ равна:

$$\sqrt{T(T+1) - T_3(T_3+1)} = 1,$$

где T и T_3 — изоспин K^0 -мезона и его проекция. Амплитуда распада $K^0 \rightarrow K^+ e^- \bar{\nu}_e$

$$M = \frac{G}{\sqrt{2}} (\cos \vartheta) \varphi_1 \varphi_2 P^\alpha \bar{\nu} \gamma_\alpha (1 + \gamma_5) e.$$

Возводя амплитуду в квадрат и рассчитав фазовый объем, получим ширину Γ распада $K^0 \rightarrow K^+ e^- \bar{\nu}_e$:

$$\Gamma = \frac{G^2 \cos^2 \vartheta}{60\pi^3} \Delta^5 \left(1 - \frac{5m_e^2}{\Delta^2} - \frac{3}{2} \frac{\Delta}{m_k} \right),$$

здесь $\cos \theta$ — косинус угла Кабиббо, $\cos \theta \approx 0.97$; Δ — разница масс нейтрального и заряженного каонов, равная 3.9 МэВ. При расчете фазового объема пренебрегалось более высокими степенями отношений m_e/Δ и Δ/m_k . В результате получим значение ширины $\Gamma = 5.8 \times 10^{-17}$ эВ.

Используя времена жизни K_L - и K_S -мезонов [1] и ширину Γ , получим относительные вероятности их распадов на $K^+ e^- \bar{\nu}$: $\approx 4 \times 10^{-9}$ и $\approx 10^{-11}$ соответственно. Очевидно, что расчет верен и для распада $\bar{K}^0 \rightarrow K^- e^+ \nu_e$, поскольку все частицы

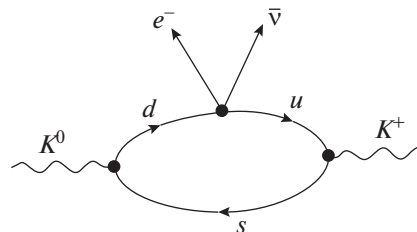


Рис. 1. Кварковая диаграмма распада $K^0 \rightarrow K^+ e^- \bar{\nu}_e$

*E-mail: shishov@itep.ru

в нем являются античастицами по отношению к частицам в распаде K^0 . Учет распадов $K^\pm e^\mp \nu_e$ важен при изучении редких распадов нейтральных K -мезонов, в том числе и запрещенных стандартной моделью.

Я благодарен М.И. Высоцкому за поддержку и обсуждение работы, А.Г. Долголенко за критические замечания и обсуждения, В.В. Бармину и В.С. Сопову за помощь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. K. A. Olive *et al.* (Particle Data Group), *Chin. Phys. C* **38**, 090001 (2014).
2. Л. Б. Окунь, *Слабое взаимодействие элементарных частиц* (ГИФМЛ, Москва, 1963).
3. Л. Б. Окунь, *Лептоны и кварки*, 3 изд. (УРСС, Москва, 2005).

THE DECAY OF $K^0 \rightarrow K^+ e^- \bar{\nu}_e$

N. N. Shishov

National Research Centre "Kurchatov Institute" — ITEP, Moscow, Russia

The decay width of the neutral K meson into the charged K^+ meson, electron and antineutrino is calculated. The values of branching ratios for K_L and K_S mesons into $K^+ e^- \bar{\nu}$: $\approx 4 \times 10^{-9}$ and $\approx 10^{-11}$, respectively, are obtained. The above calculations are also valid for neutral anti- K -mesons that decay into a negative K meson, positron and neutrino.