

ОЦЕНКА МАССЫ t -КВАРКА ИЗ РАСПАДА $K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$

Л.А.Василевская, А.А.Гвоздев¹⁾, Н.В.Михеев¹⁾

В рамках кварковой модели с учетом КХД-поправок вычислена вероятность распада $K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$. Из сравнения результата с экспериментом получена оценка на массу t -кварка $m_t \approx 150 \pm 35 \pm 15 \pm 7$ ГэВ/ c^2 .

Недавно появился ряд работ, в которых исследуется вклад t -кварка в некоторые процессы^{1, 2} и на основании этого, оценивается его масса. Складывающаяся ситуация напоминает аналогичную накануне открытия чарма, когда теоретические исследования с необходимостью указывали на существование C -кварка с массой $\sim 1 \div 2$ ГэВ/ c^2 . В данной работе оценивается масса t -кварка из анализа его вклада в вероятность распада $K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$. Амплитуда этого процесса состоит из суммы однопетлевого ($1L$) и двухпетлевого ($2L$) вкладов, на сравнимость которых было впервые указано в работе³. Первый из них описывает канал распада через промежуточные W и Z -бозоны. Он существенен на расстояниях $\sim 1/m_W$, где доминирует вклад t -кварка, а КХД-поправки малы и поэтому вычисляется в рамках электрослабой теории со свободными кварками⁴. Амплитуда ($1L$)-вклада может быть приведена к виду

$$M_{1L} = - N / \sin^2 \theta_W \left[\frac{m_c^2}{m_W^2} + \frac{m_t^2}{m_W^2} \overline{\mathcal{F}} \left(\frac{m_t^2}{m_W^2} \right) \operatorname{Re} (V_{td}^* V_{ts}) / \operatorname{Re} (V_{cd}^* V_{cs}) \right],$$

$$N = \sqrt{2} \cdot G_F / \sqrt{2} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot F_K \cdot m_\mu \cdot \sin \theta_c \cdot \cos \theta_c (\bar{u}(p_1) \gamma_5 u(-p_2)), \quad (1)$$

$$\overline{\mathcal{F}}(z) = \frac{1}{4} \left[\frac{4-z}{1-z} + \frac{3z}{(1-z)^2} \cdot \ln z \right]. \quad (2)$$

Здесь m_μ , m_W , m_c , m_t – массы μ -мезона, W -бозона, c - и t -кварков, соответственно; V_{ij} – матрица смешивания Кабаяши–Маскава (КМ); F_K – формфактор K -мезона; θ_c – угол Кабиббо; p_1, p_2 – 4-импульсы μ^- , μ^+ соответственно.

Двухпетлевой вклад в полную амплитуду представляется диаграммами, изображенными на рис. 1, 2. Он существенен как на средних ($\sim 1/m_c$), так и на больших ($\gtrsim 1/m_k$) рассто-

¹⁾ Ярославский госуниверситет.

ниях. При вычислении этого вклада принципиально важен последовательный учет КХД-поправок. Мы использовали процедуру вычисления КХД-поправок, развитую в работах ^{5, 6}. Для амплитуды $M_{2L}^{(1)}$, соответствующей диаграмме рис. 1, нами получено следующее выражение:

$$M_{2L}^{(1)} = \frac{8}{9} \cdot \frac{\alpha}{2\pi} \cdot N \cdot [\eta_1(\mu_0) 6 \ln \frac{m_c}{\mu_0} + \eta_{LD} (6 \ln \frac{\mu_0}{m_\mu} - 2(\ln \frac{m_k}{m_\mu})^2 + \frac{17}{2} - \frac{\pi^2}{6} + i2\pi \ln \frac{m_k}{m_\mu})] . \quad (3)$$

Здесь μ_0 – типичный адронный масштаб, разделяющий средние и большие расстояния; $\eta_1(\mu_0)$ – поправочный КХД-коэффициент на масштабах средних расстояний:

$$\eta_1(\mu_0) = \frac{1}{\ln(m_c/\mu_0)} \int_{\mu_0}^{m_c} \frac{d\mu}{\mu} C(\mu) , \quad (4)$$

где $C(\mu)$ – поправочный КХД-коэффициент для эффективной вершины, изображенной на рис. 3. Поправочный коэффициент больших расстояний η_{LD} определяется нами феноменологически, из сравнения теоретического значения для вероятности распада $K_L^0 \rightarrow \gamma\gamma$ с экспериментальным. Для амплитуды $M_{2L}^{(2)}$, соответствующей рис. 2, получается довольно громоздкое выражение, и мы приведем для нее ниже лишь численный результат при $\Lambda_{QCD} =$

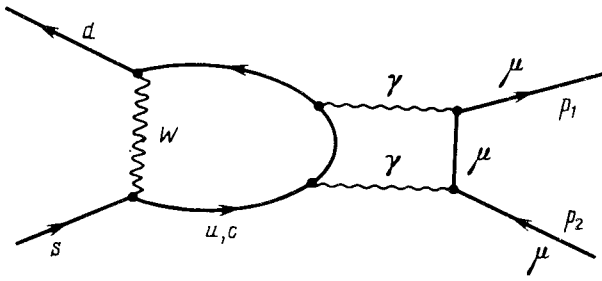


Рис.1

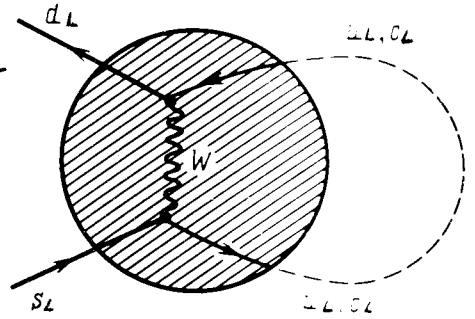


Рис.3

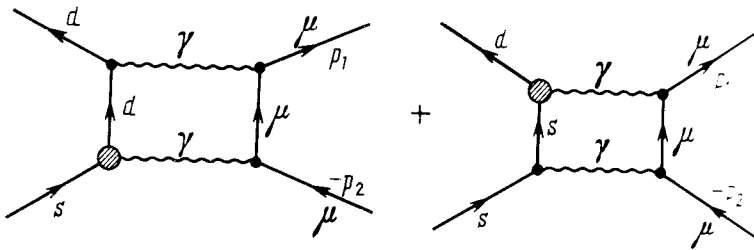


Рис.2

Рис. 1. Двухпетлевой вклад в распад $K_L^0 \rightarrow \gamma\gamma \rightarrow \mu^+ \mu^-$, описываемый амплитудой $M_{2L}^{(1)}$

Рис. 2. Двухпетлевой вклад в распад $K_L^0 \rightarrow \gamma\gamma \rightarrow \mu^+ \mu^-$, описываемый амплитудой $M_{2L}^{(2)}$. Заштрихована эффективная вершина, соответствующая излучению виртуального γ -кванта с изменением аромата

Рис. 3. Заштрихована эффективная вершина, для которой вычисляется КХД-коэффициент $C(\mu)$

$= 70 \text{ МэВ}$, $\mu_0 = 250 \text{ МэВ}$. При таких значениях параметров мы получили: $\eta_{LD} \approx -1,9$;

$$\eta_1(250) \approx -0,123;$$

$$M_{2L}^{(2)} \approx + \frac{8}{9} \frac{\alpha}{2\pi} N \{10,0 + i 0\}.$$

Отметим, что в двухпетлевой амплитуде происходит существенное сокращение вещественной части, в результате:

$$M_{2L} \approx - \frac{8}{9} \frac{\alpha}{2\pi} N \{5,1 + i 38,9\}, \quad (5)$$

причем это утверждение качественно остается в силе в разумной области изменения Λ_{QCD} и μ_0 . Таким образом, в вещественной части полной амплитуды распада доминирует вклад t -кварка. Суммируя (1) и (5), получаем следующее выражение для полной амплитуды распада $K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$:

$$M^{K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-} = - N \left\{ \frac{8}{9} \frac{\alpha}{2\pi} (5,1 + i 38,9) + \frac{m_c^2}{m_W^2} \frac{1}{\sin^2 \theta_W} + \kappa z \overline{F}(z) \right\},$$

$$\kappa = \frac{\sin^2 \gamma (1 - |R| \cos \delta)}{\sin^2 \theta_W}, \quad z = \frac{m_t^2}{m_W^2}. \quad (6)$$

Используя экспериментальные данные группы *ARGUS* для элементов матрицы КМ в параметризации Майани, а также данные по ширине распада $K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-$, находим:

$$m_t \approx 150 \pm 35 \pm 15 \pm 7 \text{ (ГэВ/}c^2\text{)}.$$

В формуле первой указана ошибка измерения $\text{Br}(K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)$, второй — $\sin^2 \gamma$, третьей — $|R|$. В связи с этим, как нам кажется, представляют значительный интерес более точные измерения $\text{Br}(K_L^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)$, $\text{Br}(K_L^0 \rightarrow \gamma\gamma)$.

В заключение авторы выражают благодарность К.А.Тер-Мартirosяну за плодотворные обсуждения и постоянный интерес к работе, а также Б.Л.Иоффе, Е.П.Шабалину и А.В.Борисову за ряд ценных замечаний.

Литература

1. *Высоцкий М.И.* ЖЭТФ, 1988, **94**, 1.
2. *Ellis T., Fogli G.L.* Preprint GERN-TH. 5511/89, TH.5457/89.
3. *Волошин М.Б., Шабалин Е.П.* Письма в ЖЭТФ, 1976, **23**, 123.
4. *Ma E., Pramudita A.* Phys. Rev. D, 1980, **22**, 214.
5. *Вайнштейн А.И. и др.* ЖЭТФ, 1977, **72**, 1275; ЯФ, 1976, **24**, 820.
6. *Shifman M.A. et al.* Phys. Rev. D, 1978, **18**, 2583.

Московский государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
3 апреля 1990 г.