

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

P2-86-441

Е.З.Авакян*, С.Л.Авакян*, Г.В.Ефимов,
М.А.Иванов

О РАСПАДЕ $K \rightarrow e \nu \gamma$

Направлено в "Письма в ЖЭТФ"

* Ташкентский государственный университет

1986

В связи с планируемыми экспериментами по изучению свойств каонов возрос интерес к каонной физике. Физика каонов чрезвычайно богата нетривиальными физическими эффектами: переходы с $\Delta S = 1, \Delta T = 1/2, \Delta S = 2$ и т.п. Наряду с нелептонными распадами ($\Delta T = 1/2, \Delta S = 2$), природа которых еще недостаточно ясна, интерес представляют также лептонные и полулептонные распады с $\Delta S = 1$. С точки зрения кварковых моделей изучение этих распадов позволяет определить параметры странного кварка и уточнить значения таких величин, как параметры наклона K_{e3} - распада, радиус К-мезона, характеризующих внутреннюю структуру каона. На наш взгляд, весьма интересен распад $K \rightarrow e \nu \gamma$. Амплитуда данного распада имеет две независимые структуры:

$$M^{\mu\nu} = \epsilon_{\mu\nu\rho\sigma} q^\rho p^\sigma b(q^2) - i(q^\mu p^\nu - q^\nu p^\mu) a(q^2),$$

где q, p - импульсы фотона и каона соответственно. Экспериментально измеряется отношение $\gamma_K = a(0)/b(0)$, которое к настоящему времени известно с очень большой погрешностью $0,05 < \gamma_K < 0,6$ ^{/1/}. В кварковых моделях значение этого отношения $\gamma_K = 1$, так же как и в случае распада $\pi \rightarrow e \nu \gamma$. Следует отметить, что ситуация с распадом $\pi \rightarrow e \nu \gamma$ явилась своеобразным вызовом кварковым моделям ^{/2/}, поскольку большинство попыток ^{/3/} решить эту проблему оканчивалось неудачей. В работе ^{/4/} было показано, что последовательный учет $A-\pi$ переходов, где A - псевдоскалярный мезон с массой ≈ 1270 МэВ, приводит к значению $\gamma_\pi = 0,53$, что хорошо согласуется с недавними экспериментальными данными ^{/5/}. Учет $A-\pi$ переходов привел к незначительному переопределению параметров нестранных кварков и практически не изменил результаты вычислений для основных эффектов нестранной физики.

Цель данной работы состоит в описании распада $K \rightarrow e \nu \gamma$ с учетом $K-Q_1$ переходов, где $Q_1(1280)$ - странный псевдоскалярный мезон.

Поскольку физика каонов отличается от пионной физики прежде всего появлением странного кварка, то вначале необходимо определить его параметры. Лагранжиан взаимодействия мезонов с кварками записывается в следующем виде:

$$\mathcal{L} = \frac{i g_\pi}{\sqrt{2}} \pi_i \bar{q} \gamma^5 \lambda_i^i q + \frac{i g_K}{\sqrt{2}} K_i \bar{q} \gamma^5 \lambda_i^i q + \frac{i g_\rho}{\sqrt{2}} \rho_{ij} \bar{q} \gamma^\mu \lambda_i^i q + \\ + \frac{i g_{K^*}}{\sqrt{2}} K_{ij}^* \bar{q} \gamma^\mu \lambda_i^i q + \frac{g_A}{\sqrt{2}} A_{ij} \bar{q} \gamma^\mu \gamma^5 \lambda_i^i q + \frac{g_\omega}{\sqrt{2}} Q_{ij} \bar{q} \gamma^\mu \gamma^5 \lambda_i^i q.$$

В отличие от предыдущих работ по ВКМ ^{/6/}, расчеты проводились в рамках ВКМ с конформными петлями ^{/4/}. Параметрами, описывающими S -кварк, являются L_S - величина, характеризующая область конформента, и M_S - масса S -кварка. L_S и M_S определяются фитированием по основным низкоэнергетическим распадам странных мезонов. В качестве величин, по которым проводилось фитирование, выбраны:

1. ξ_K константа слабого распада К-мезона;
2. $g_{K^*K\pi}$ константа сильного распада $K^*(892)$ -мезона;
3. $g_{K^*K\gamma}$ константа радиационного распада $K^*(892)$ -мезона;
4. $g_{\eta K K}$ константа сильного распада η -мезона;
5. $1/s_V$ константа перехода $\eta \rightarrow \gamma$.

В таблице приведены параметры S -кварка, полученные в результате фитирования, а также параметры, характеризующие u - и d -кварки. Также в таблице приведены диаграммы основных процессов и численные значения констант распадов. Видно, что наши результаты в рамках 20% точности совпадают с экспериментом.

Распад $K \rightarrow e \nu \gamma$ описывается диаграммами рис.1.

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

Таблица

	u, d - кварк	S- кварк		
L	5,48 ГэВ ⁻¹	3,8 ГэВ ⁻¹		
m	220 МэВ	400 МэВ		
Процесс	Диаграмма	Наблюдаемая величина	Эксперимент	ВКМ
$K \rightarrow \mu \nu$		f_K	154,3 МэВ	158,9 МэВ
$K^* \rightarrow K \pi$		$g_{K^*K\pi}$	4,6	3,9
$K^* \rightarrow K \gamma$		$g_{K^*K\gamma}$	1,0	1,1
$\psi \rightarrow K^+ K^-$		$g_{\psi K^+ K^-}$	4,4	3,5
$\psi \rightarrow e^+ e^-$		$1/s_\psi$	0,076	0,080
$K \rightarrow \pi e \nu$		λ_+	$0,0284 \pm 0,0047^{/8/}$	0,022
		λ_0	$-0,003 \pm 0,007^{/7/}$	0,006
$K \rightarrow K \gamma$		$\langle \gamma^2 \rangle_{\pi} \Phi_{\pi}^2$	$0,26 \pm 0,07^{/9/}$	0,31
$\pi \rightarrow K \nu_e$		$\Gamma_{\pi \rightarrow K \nu_e}$	$(2,99 \pm 1,51) 10^{-5}/10/$	$1,69 10^{-5}$

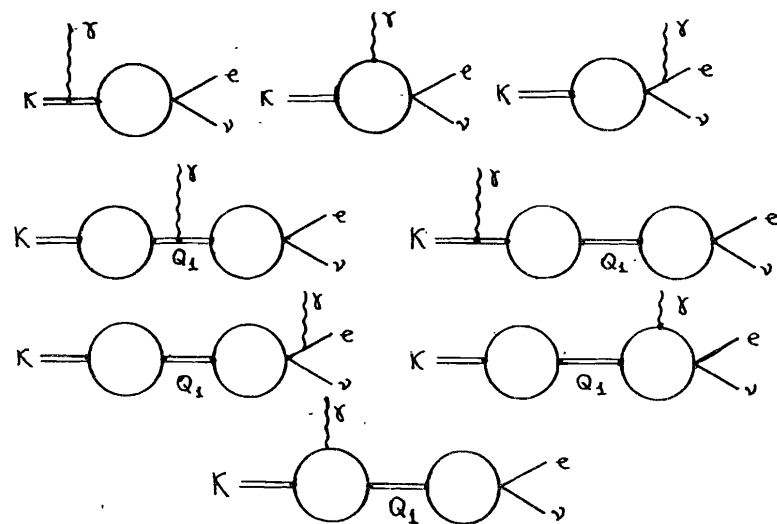


Рис. I

В результате стандартных вычислений получим

$$\gamma_K \equiv \gamma(K \rightarrow e \nu \gamma) = 1 - \frac{48 \lambda_a}{M_a^2} J_K = 0,21,$$

$$\gamma_\pi \equiv \gamma(\pi \rightarrow e \nu \gamma) = 1 - \frac{48 \lambda_A}{M_A^2} J_\pi = 0,53.$$

Здесь $\lambda_A = 0,11$, $\lambda_a = 0,08$ - константы связи A_1 и Q_1 - мезонов, определяемые из условия связности

$$J_\pi = 2 \int_0^\infty dt t^2 \sin(2t \mu_u) e^{-t^2 + \mu_u^2} = 1,08,$$

$$J_K = 2 \int_0^\infty dt t^2 \sin(t(\mu_u + \mu_s)) e^{-t^2 + (\frac{\mu_u + \mu_s}{2})^2} +$$

$$+ \frac{(\mu_s - \mu_u)^2}{3} 2 \int_0^\infty dt \sin(t(\mu_u + \mu_s)) e^{-t^2 + \left(\frac{\mu_u + \mu_s}{2}\right)^2} =$$

$$= 1,16 + \frac{0,25^2}{3} 1,6 = 1,19,$$

где $\mu_u = \frac{m_u L_u}{2} \approx 0,6$; $\mu_s = \frac{m_s L_s}{2} \approx 0,85$;

$$\mu_A = \frac{m_A L_u}{2} \approx 3,49$$
 ; $\mu_q = \frac{m_q L_s}{2} \approx 2,43.$

Отсюда видно, что различие γ_K и γ_π происходит в основном за счет различия параметров L_s и L_u , характеризующих область конфайнмента, и мало зависит от масс кварков m_s и m_u .

Литература

1. K.S.Heard et al. Phys.Lett., B, 1975, v.55, p.324.
2. Paver N., Scadron M.D. Nuovo Cim., 1983, 78A, p.159.
3. Brymon D.A. et al. Phys.Rep., 1982, 88, p.151.
4. Авакян Е.З. и др. ОИЯИ, P2-86-278, Дубна, 1986.
5. Stetz A. et al. Nucl. Phys., 1978, B138, p.285.
6. Ефимов Г.В., Иванов М.А. ЭЧАЯ, 1981, 12, вып.5.
7. Particle Data Group. Phys.Lett., 1978, 75B, N 1.
8. Carroll A.S. et al. Phys.Rev.D, 1980, 21, p.652.
9. Dally E.B. et al. Contribution to the XIX Conf. Tokyo, 1978.
10. Klanner R.I. Proc. of Leipzig Conf. Leipzig, 1985, v.11, p.202.

Рукопись поступила в издательский отдел
4 июля 1986 года.

Авакян Е.З. и др.
О распаде $K \rightarrow e\nu$

P2-86-441

Вычислено отношение γ_K аксиального и векторного формфакторов в распаде $K \rightarrow e\nu$ в рамках виртон - кварковой модели. Оказалось, что последовательный учет $K - Q_1$ переходов, где $Q_1(1280)$ - странный псевдоскалярный мезон, приводит к значению $\gamma_K = 0,21$. Проведено сравнение с соответствующей величиной γ_π в распаде $\pi \rightarrow e\nu$.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод О.С.Виноградовой

Avakyan E.Z. et al.
On $K \rightarrow e\nu$ Decay

P2-86-441

The γ_K ratio of axial and vector form factor in $K \rightarrow e\nu$ decay has been calculated in the framework of virton-quark model. It appears that consistent account of $K - Q_1$ transitions, where $Q_1(1280)$ is the strange pseudoscalar meson, leads to the value $\gamma_K = 0.21$. The comparison with corresponding quantity γ_π in the $\pi \rightarrow e\nu$ decay has been made.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.