

**ИЗМЕРЕНИЕ ФОРМФАКТОРА НЕЙТРАЛЬНОГО КАОНА
В ОБЛАСТИ ЭНЕРГИИ ОТ 1,06 ДО 1,40 ГэВ**

*П.М.Иванов, Л.М.Курдадзе, М.Ю.Лельчук, Е.В.Пахтусова,
В.А.Сидоров, А.Н.Скринский, А.Г.Чилингаров, Ю.М.Шатунов
Б.А.Шварц, С.И.Эйдельман*

Впервые измерено сечение реакции $e^+ e^- \rightarrow K_S K_L$ при энергии от 1,06 до 1,4 ГэВ. Показано, что данные по электромагнитным формфакторам заряженного и нейтрального каонов не описываются моделью векторной доминантности с ρ^- , ω^- , ϕ -мезонами, но могут быть объяснены при учете вкладов ρ' (1600) и ϕ' (1650).

До недавнего времени электромагнитный формфактор нейтрального каона F_K^0 был измерен только вблизи ϕ -резонанса (см., например¹). В 1981 г. опубликованы результаты наблюдения реакции $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$ при энергии от 1,4 до 2,2 ГэВ на установке DM1 в ОРСЭ². В настоящей работе приведены результаты измерения сечения реакции $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$ в области энергии от 1,06 до 1,40 ГэВ, полученные на электрон-позитронном накопителе ВЭПП-2М с детектором ОЛЯ.

События $K_S K_L \rightarrow \pi^+ \pi^-$ регистрировались детектором ОЛЯ³, как события с двумя треками и одной нейтральной частицей. Треки заряженных пионов от распада $K_S \rightarrow \pi^+ \pi^-$ наблюдались в координатной и ливнево-пробежной частях детектора. Положение вершины вылета пионов определялось с хорошей точностью ($\sigma_y \sim 1$ мм) в плоскости, перпендикулярной пучку. Длина распада короткоживущего каона в исследуемой области энергии изменялась от 10 до 26 мм. Поэтому были отобраны события, у которых расстояние от точки вылета заряженных частиц до пучка больше 6 мм.

Долгоживущие каоны, испытавшие неупругое ядерное взаимодействие в ливнево-пробежной части детектора, регистрировались по сигналам сцинтилляционных счетчиков и искровых камер. Хотя импульсы частиц не измеряются детектором, они могут быть восстановлены по направлениям вылета π^+ , π^- , K_L и суммарной энергии частиц события. Это позволило отбирать $K_S K_L$ -события по инвариантной массе $\pi^+ \pi^-$ -пары. В таком методе восстановления кинематики получено разрешение по инвариантной массе $\sigma_M \sim 10$ МэВ.

Эффективность регистрации заряженных пионов и вероятность попадания K_L в ливневую часть детектора получены с помощью моделирования методом Монте-Карло⁴. Калибровка эффективности регистрации K_L была проведена по экспериментальным $K_S K_L$ -событиям, наблюдавшимся в районе ϕ -мезона. Относительное изменение эффективности с энергией получено по изменению с энергией величины полного сечения взаимодействия K_L с веществом⁵.

В эксперименте проводилось сканирование области энергии от 1,06 до 1,40 ГэВ с шагом, равным разбросу энергии электронов в пучке. Набран интеграл светимости 700 нбн^{-1} . При обработке данные были объединены в четырех энергетических интервалах: 1,06–1,12; 1,12–1,20; 1,20–1,28 и 1,28–1,40 ГэВ. Полученные значения сечения реакции $e^+e^- \rightarrow K_S K_L$ равны, соответственно

$$\begin{array}{cccccc} +4,1 & ; & +3,6 & ; & +2,2 & ; & +1,3 \\ 7,0 & ; & 4,0 & ; & 1,8 & ; & 0,7 \\ -3,6 & ; & -2,9 & ; & -1,6 & ; & -0,7 \end{array} \text{ нбн.}$$

Для сравнения с теоретическими моделями были совместно рассмотрены данные по электромагнитным формфакторам заряженного и нейтрального каонов: в области энергии 1,04–1,40 ГэВ – полученные в настоящей и предыдущей нашей работе³, в области 1,40–1,85 ГэВ – данные Орсэ^{2,6} и Фраскати⁷. Как указывалось ранее^{2,3}, результаты расчета каонных формфакторов с учетом только ρ -, ω -, ϕ -мезонов не описывают экспериментальных данных (рис. 1 и 2). Поэтому был рассмотрен также изовекторный резонанс ρ' (1600) со свободной константой связи. Вклады векторных мезонов в каонные формфакторы описывались следующим образом:

$$F_K = \sum a_V \frac{g_{VKK}}{g_V} \frac{m_V^2}{\Delta_V}, \quad (1)$$

где $\Delta_V = m_V^2 - s - im_V \Gamma_V(s)$, a_V – фазовый множитель, равный 1 для ω -, ϕ -мезонов и ± 1 для ρ -мезона для K^+ и K^0 , соответственно. Согласно табличным значениям параметров ρ -, ω -, ϕ -резонансов⁸ и соотношению $g_{\rho KK} = g_{\omega KK} = g_{\phi KK} / \sqrt{2}$ (SU(3) с идеальным смешиванием).

$$g_{\rho KK} / g_\rho = 0,62; \quad g_{\omega KK} / g_\omega = 0,19; \quad g_{\phi KK} / g_\phi = 0,33.$$

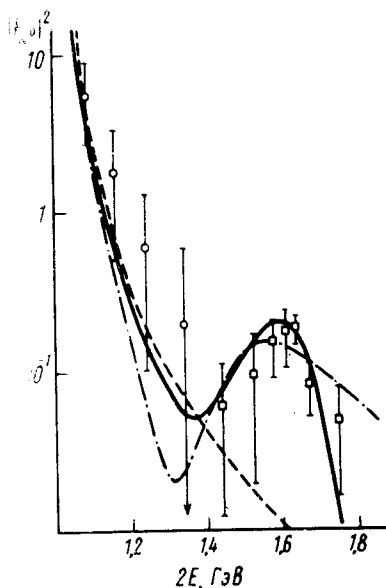


Рис.1. Зависимость квадрата модуля формфактора нейтрального каона от энергии: \square — DCI—DMI, \circ — ВЭПП — 2М — ОЛЯ. Штриховая линия: ρ, ω, ϕ ; штрих-пунктирная: $\rho, \omega, \phi, \rho' (1600)$; сплошная линия: $\rho, \omega, \phi, \rho' (1600), \phi' (1650)$.

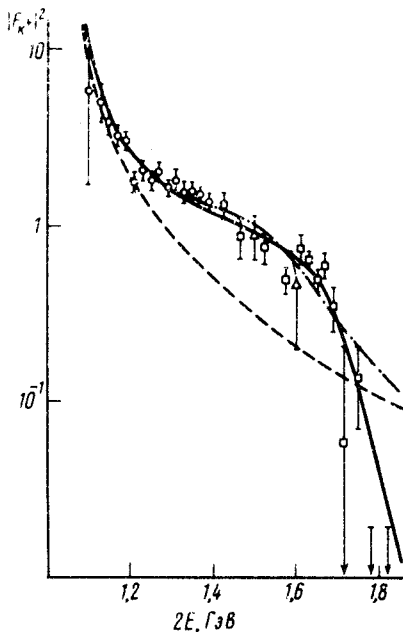


Рис.2. Зависимость квадрата модуля формфактора заряженного каона от энергии. \triangle — ADONE-MEA, другие обозначения — как на рис.1

Из подгонки по экспериментальным данным были определены следующие значения: $m_{\rho'} = 1,52 \pm 0,02$ ГэВ, $\Gamma_{\rho'} = 0,37 \pm 0,04$ ГэВ, $g_{\rho' KK} / g_{\rho'} = 0,12 \pm 0,01$, относительная фаза между $\rho' (1600)$ и ρ -мезоном равна $114 \pm 9^\circ$. В этой подгонке удалось описать поведение каонных формфакторов до 1,75 ГэВ. Однако малые значения $|F_{K^+}|^2$ при $2E$ от 1,75 до 1,85 ГэВ дали большой вклад в χ^2 ($\chi^2 = 73$ при 41 степени свободы).

Введение аналогичным образом еще одного, на этот раз изоскалярного, резонанса в выражение (1) позволило описать и быстрое падение величины каонных формфакторов в районе 1,75 — 1,85 ГэВ, наблюдаемое в Орсэ^{2,6}. Такой резонанс зарегистрирован в каналах $e^+e^- \rightarrow K_S^0 K^\pm \pi^\mp, \omega \pi^+ \pi^-$ и рассматривается как кандидат на роль $\phi' (1650)$ ⁹. В приведенной на рис.1 и рис.2 подгонке относительные фазы между $\rho' (1600)$ и ρ , а также между $\phi' (1650)$ и ϕ были зафиксированы и равны 180° . Результаты подгонки: $m_{\rho'} = 1,54 \pm 0,02$ ГэВ, $\Gamma_{\rho'} = 0,33 \pm 0,04$ ГэВ, $g_{\rho' KK} / g_{\rho'} = 0,091 \pm 0,018$, $m_{\phi'} = 1,66 \pm 0,01$ ГэВ, $\Gamma_{\phi'} = 0,20 \pm 0,04$ ГэВ, $g_{\phi' KK} / g_{\phi'} = 0,057 \pm 0,016$ ($\chi^2 = 54$ при 39 степенях свободы).

Проведенное рассмотрение показало, что достаточно учесть вклады $\rho' (1600)$ и $\phi' (1650)$, чтобы объяснить поведение каонных формфакторов до 1,85 ГэВ. В том числе удается описать область 1,15 — 1,40 ГэВ в отличие от подгонок, приведенных в^{2,9} (где использовались только экспериментальные данные в области 1,40 — 1,85 ГэВ).

В заключение авторы выражают глубокую признательность всему коллективу ВЭПП-2М, обеспечившему хорошую работу установки в течение эксперимента, а также А.Д. Букину, А.И. Вайнштейну и Г.Н. Шестакову за плодотворные обсуждения.

Литература

1. Букин А.Д. и др. ЯФ, 1978, 27, 976.
2. Mane F. et al. Phys. Lett., 1981, 99B, 261.
3. Ivanov P.M. et al. Phys. Lett., 1981, 107B, 297.

4. *Букин А.Д., Эйдельман С.И.* Препринт ИЯФ 77-101, Новосибирск, 1978.
5. *Sayer G.A. et al.* Phys. Rev., 1968, 169, 1045.
6. *Delcourt B. et al.* Phys. Lett., 1981, 99B, 257.
7. *Esposito B. et al.* Lett. Nuovo Cimento, 1980, 28, 337.
8. Review of particle properties, Rev. Mod. Phys., 1980, 52, № 2.
9. *Delcourt B. et al.* Preprint LAL 81/28, Orsay, 1981.

Институт ядерной физики
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступила в редакцию
8 июня 1982 г.