

РОЖДЕНИЕ ЧЕТЫРЕХ π -МЕЗОНОВ В e^+e^- -СТОЛКНОВЕНИЯХ И ЧАСТИЧНОЕ СОХРАНЕНИЕ АКСИАЛЬНОГО ТОКА

С.И.Эйдельман

Показано, что учет частичного сохранения аксиального тока и тождественности конечных пионов в реакции $e^+e^- \rightarrow \rho\pi^+\pi^-$ приводит к энергетической зависимости полного сечения, согласующейся с экспериментом. Вычислено отношение сечений реакций $e^+e^- \rightarrow \rho\pi^+\pi^-$ и $e^+e^- \rightarrow \rho\pi^0\pi^0$.

Недавно на установках со встречными e^+e^- пучками в Орсе и Новосибирске было измерено сечение реакции $e^+e^- \rightarrow 2\pi^+2\pi^-$ в области энергии

\sqrt{s} от 915 до 1340 Мэв [1, 2]. Измеренная величина сечения, а также его энергетический ход заметно отличаются от теоретических предсказаний [3 - 6]. В настоящей работе рассмотрена реакция $e^+e^- \rightarrow \rho \rightarrow \rho\pi^+\pi^- \rightarrow 2\pi^+2\pi^-$ с учетом тождественности конечных пионов в отличие от квазидвух- или квазитрехчастичного подхода [3 - 6] и показано, что при этом в околопороговой области возникает менее крутая зависимость от энергии полного сечения.

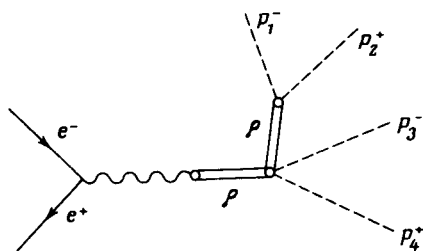


Рис. 1

Амплитуду перехода $\rho \rightarrow \rho\pi\pi$ с учетом правила Адлера для мягких пионов запишем в виде (более подробно этот вопрос обсуждается в нашей работе [7] на примере аналогичного процесса $\psi^* \rightarrow \psi\pi\pi$):

$$M = g_{\rho\rho\pi\pi} [(\epsilon_1\epsilon_2)(k_1k_2) - (\epsilon_2k_1)(\epsilon_1k_2)](p_1p_2), \quad (1)$$

где $\epsilon_{1,2}$ - 4-поляризации, $k_{1,2}$ - 4-импульсы ρ -мезонов, $p_{1,2}$ - 4-импульсы π -мезонов. Учет перестановок тождественных пионов на диаграмме рис. 1 дает для квадрата матричного элемента, усредненного по поляризациям начальных лептонов:

$$|M|^2 = 2g_{\rho\rho\pi\pi}^2 \sum_{i,k=1}^4 T_i T_k^* [Q^2(R_i R_k) + (qR_i)(qR_k)], \quad (2)$$

где

$$T_1 = (p_3 p_4) / [m_\rho^2 - (p_1 + p_2)^2 - im_\rho \Gamma_\rho],$$

$$R_{1\mu} = (Qp_2)p_{1\mu} - (Qp_1)p_{2\mu}, \quad Q = p_+ + p_-, \quad q = p_+ - p_-;$$

$T_i, R_{i\mu}$ при $i = 2, 3, 4$ получаются из $T_1, R_{1\mu}$ перестановками 4-импульсов тождественных пионов, $p_{1,3}$ - 4-импульсы π^- , $p_{2,4}$ - 4-импульсы π^+ , p_\pm - 4-импульсы e^\pm , m_ρ, Γ_ρ - масса и ширина ρ -мезона. Интегрирование по фазовому объему 4-х пионов выполняем методом Монте-Карло, используя предложенный в [8] алгоритм случайных звезд. Подгонка общей неизвестной константы $g_{\rho\rho\pi\pi}$ даст полное сечение реакции, показанное на рис. 2 сплошной кривой вместе с экспериментальными данными [1, 2]. Пунктирной кривой показан ход сечения, вычисленного без учета правила Адлера при записи матричного элемента. Видно, что сплошная кривая гораздо лучше описывает экспериментальные данные, т. е. учет частичного сохранения аксиального тока весьма существен.

При определении на эксперименте сечения реакции $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ важно знать вклад реакции $e^+e^- \rightarrow \rho\pi^0\pi^0$. Если 2π находятся в состоянии с изоспином 0, изотопическая инвариантности предсказывает для отношения сечений $\sigma_{\rho\pi^+\pi^-}/\sigma_{\rho\pi^0\pi^0}$ значение 2. Учет тождественности конечных пионов меняет это отношение, так как процесс $e^+e^- \rightarrow \rho\pi^0\pi^0$ описывается лишь одной диаграммой рис. 1, а в случае $e^+e^- \rightarrow \rho\pi^+\pi^-$ возникает интерференция конечных состояний, связанная с большой шириной ρ -мезона. Таблица ниже иллюстрирует зависимость отношения сечений от энергии:

$\sqrt{s}, \text{ ГэВ}$	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	5,0
$\sigma_{\rho\pi^+\pi^-}/\sigma_{\rho\pi^0\pi^0}$	4,0	3,9	3,7	3,2	2,9	2,7	2,4

Видно, что вблизи порога имеется сильная интерференция, приводящая к максимально возможному по изотопической инвариантности [9] отношению сечений, равному 4 (это соответствует рождению двух пар пионов в S -волне с изоспином 2), роль интерференции падает с энергией и отношение сечений стремится к двум лишь при очень большой энергии, когда ρ -мезон рождается с большим импульсом.

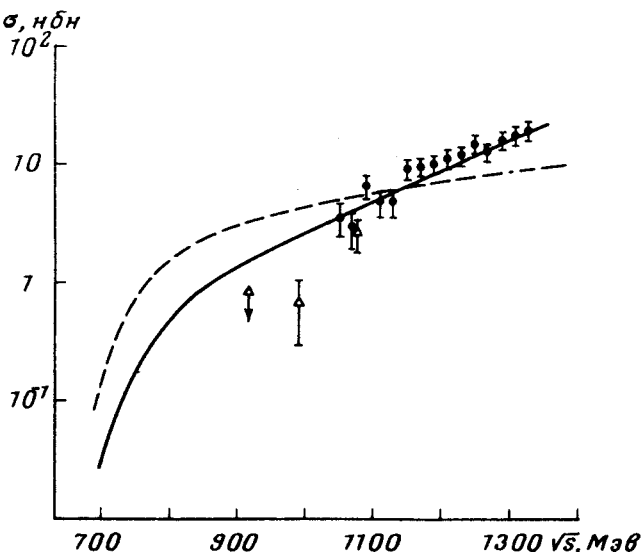


Рис. 2. Полное сечение реакции $e^+e^- \rightarrow \rho\pi^+\pi^-$ с учетом (сплошная кривая) и без учета (пунктирная кривая) частичного сохранения аксиального тока. Точки с ошибками — экспериментальные данные Орсэ (Δ) и Новосибирска (\bullet)

Таким образом, учет частичного сохранения аксиального тока, а также тождественности конечных пионов в реакции $e^+e^- \rightarrow \rho\pi^+\pi^-$ приводит к энергетической зависимости полного сечения, согласующейся с экспериментом, и заметно меняет отношение сечений $\sigma_{\rho\pi^+\pi^-}/\sigma_{\rho\pi^0\pi^0}$. Большой интерес для проверки данной модели представляет более точное измерение сечения в области энергии \sqrt{s} от 800 до 1000 МэВ.

Автор глубоко благодарен А.И.Вайнштейну, Л.М.Курдадзе, В.А.Сидорову и И.Б.Хриповичу за многочисленные полезные обсуждения и интерес к работе.

Институт ядерной физики
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступила в редакцию
10 августа 1977 г.

Литература

- [1] G. Cosme et al. *Phys. Lett.*, 63B, 349, 1976.
 - [2] В.А.Сидоров. Труды 18-й Междунар. конф. по физике высоких энергий, 2, В13, Тбилиси, 1976.
 - [3] А.М.Алтухов, И.Б.Хриплович. *ЯФ*, 14, 783, 1971.
 - [4] J.Layssac, F.M.Renard. *Nuovo Cim. Lett.*, 1, 197, 1971.
 - [5] P.Langacker. G.Segre. *Phys. Rev.*, D13, 697, 1976.
 - [6] G.Kramer et al. *Annals of Physics*, 99, 164, 1976.
 - [7] S.I.Eidelman. Preprint INP 75-82, Novosibirsk, 1975.
 - [8] Г.И.Копылов. Основы кинематики резонансов, М., 1960.
 - [9] C.H.Llewellyn Smith, A.Paris. *Phys. Rev.*, D6, 2625, 1972.
-