

О ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ $\omega'(1250)$ -МЕЗОНАВ РЕАКЦИИ $e^+e^- \rightarrow 3\pi$

Н.Н.Ачасов, Н.М.Буднев, А.А.Кожевников,

Г.Н.Шестаков

Обсуждается возможность экспериментального обнаружения изо-скалярного возбуждения в системе нестранных кварков, $\omega'(1250, 1^{--})$ -мезона. Показано, что картина $\rho - \omega$ интерференции в спектре масс $\pi^+\pi^-$ -мезонов в реакции $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0$ весьма критична к существованию этого возбуждения.

Давно существуют теоретические соображения, что в кварк-антикварковой системе должны быть высшие возбуждения состояний с данным моментом. Имеются также экспериментальные указания на существование тяжелых $\rho'(1250, 1^{--})$ - и $\rho''(1600, 1^{--})$ -резонансов [1, 2]. Последние эксперименты в Стенфорде по обнаружению новых частиц $\Psi, \Psi', \Psi'', \dots$ несомненно являются наиболее яркими указаниями на существование таких возбуждений.

Основная трудность обнаружения возбуждений в системе нешармованных кварков связана с их большой шириной. Исключение может представлять низшее возбуждение в системе странных кварков — $\phi'(1450, 1^{--})$ -мезон, у которого следует ожидать ширину $\Gamma_{\phi'} \approx 40 \text{ Мэв}$ [3].

Если $\rho'(1250)$ действительно существует, то согласно кварковой модели должен существовать и $\omega'(1250, 1^{--})$. Экспериментальное наблюдение этого резонанса представляется очень трудной задачей. Дело в том,

что ρ' -мезон, как указывает эксперимент [1], в основном распадается на $\omega\pi$ с шириной $\Gamma_{\rho'} \approx 150 \text{ Мэв}$. Тогда согласно кварковой модели ширина ω'

$$\Gamma_{\omega'} \approx 3\Gamma_{\rho'} \approx 450 \text{ Мэв}, \quad (1)$$

так как ω' должен распадаться в три канала $\omega' \rightarrow \rho^0\pi^0 + \rho^+\pi^- + \rho^-\pi^+$. При такой ширине резонанса его наблюдение по энергетическому ходу сечения весьма затруднительно. Поэтому очень важно иметь дополнительные свидетельства в пользу его существования.

Ниже мы покажем, что существует явление, обусловленное электромагнитным $\rho - \omega$ смешиванием, которое ярко проявляется в области ω' - и ρ' -резонансов.

В работе [4] было показано, что в реакции $e^+e^- \rightarrow 3\pi$ при $\sqrt{s} \gtrsim 1 \text{ Гэв}$ (\sqrt{s} — инвариантная масса e^+e^- пары), 10% событий должно быть обусловлено эффектами электромагнитного $\rho - \omega$ смешивания, процессом $e^+e^- \rightarrow \omega\pi \rightarrow \rho^0\pi^0 \rightarrow 3\pi$. $SU(3)$ для реакций $e^+e^- \rightarrow \gamma_{\text{virt}} \rightarrow \omega\pi$ и $e^+e^- \rightarrow \gamma_{\text{virt}} \rightarrow \rho^0\pi^0$ предсказывает, что

$$A_{\rho}/A_{\omega} = 1/3, \quad (2)$$

где A_{ρ} и A_{ω} — амплитуды процессов $e^+e^- \rightarrow \gamma_{\text{virt}} \rightarrow \rho^0\pi^0$ и $e^+e^- \rightarrow \gamma_{\text{virt}} \rightarrow \omega\pi$, соответственно. Полная амплитуда процессов $e^+e^- \rightarrow \rho\pi \rightarrow 3\pi$ и $e^+e^- \rightarrow \omega\pi \rightarrow \rho^0\pi^0 \rightarrow 3\pi$

$$F \sim A_{\rho} \left(\frac{1}{D_{\rho^+}} + \frac{1}{D_{\rho^-}} + \frac{1}{D_{\rho^0}} \left(1 + \frac{A_{\omega}}{A_{\rho}} \frac{2m_{\omega}\delta}{D_{\omega}} \right) \right), \quad (3)$$

$D_V = m_V^2 - K_V^2 - im_V\Gamma_V$; $V = \rho^+, \rho^-, \rho^0, \omega$, $K_{\rho^0}^2 = K_{\omega}^2$; δ — константа электромагнитного $\rho \leftrightarrow \omega$ -перехода. Вообще говоря, соотношение (2) справедливо вне области резонансов, а в резонансной области может нарушаться. В рассматриваемом нами случае ω' и ρ' -резонансов при $\sqrt{s} \approx m_{\rho'} \approx m_{\omega'}$ нарушение соотношения (2) определяется формулой

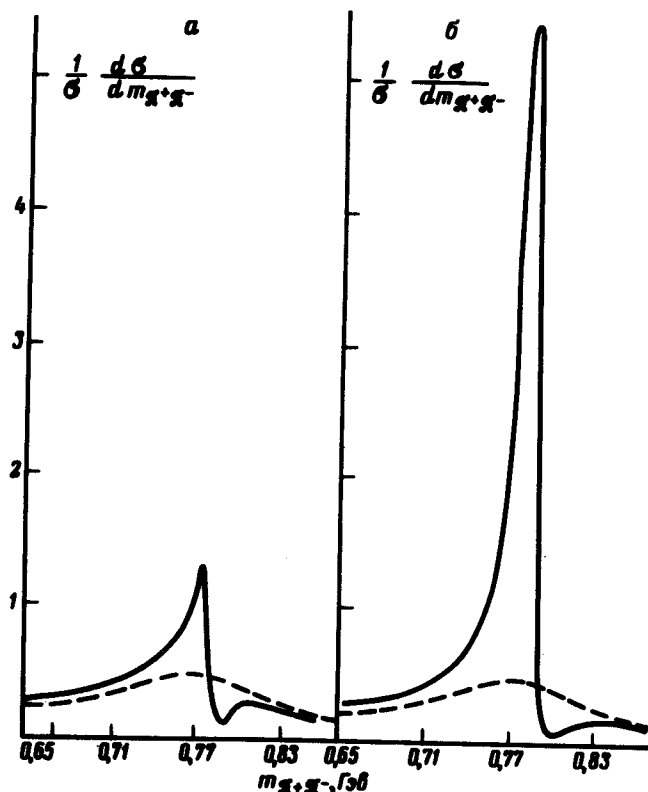
$$\frac{A_{\rho}}{A_{\omega}} = \frac{f_{\rho'}}{f_{\omega'}} \left(\frac{s - m_{\rho'}^2 + im_{\rho'}\Gamma_{\rho'}}{s - m_{\omega'}^2 + im_{\omega'}\Gamma_{\omega'}} \right) = \frac{1}{3} \frac{\Gamma_{\rho'}}{\Gamma_{\omega'}} = \frac{1}{9}. \quad (4)$$

Здесь $f_{\rho'}$ и $f_{\omega'}$ — константы $\gamma_{\text{virt}} \leftrightarrow V'$ переходов, для которых $SU(3)$ предсказывает, что $f_{\rho'}/f_{\omega'} = 1/3$.

Соотношение (4), как видно из формулы (3), существенно усиливает влияние $\rho - \omega$ смешивания. Так что примерно половина числа событий в реакции $e^+e^- \rightarrow 3\pi$ при $\sqrt{s} \approx m_{\omega'}$ должна быть обусловлена процессом $e^+e^- \rightarrow \rho^0 \rightarrow \omega\pi \rightarrow \rho^0\pi^0 \rightarrow 3\pi$. Это видно из следующей оценки:

$$\begin{aligned} \sigma(e^+e^- \rightarrow 3\pi) &= \sigma(e^+e^- \rightarrow \omega' \rightarrow \rho\pi \rightarrow 3\pi) + \sigma(e^+e^- \rightarrow \rho' \rightarrow \omega\pi \rightarrow \rho\pi \rightarrow 3\pi) = \\ &= \sigma(e^+e^- \rightarrow \omega' \rightarrow \rho\pi \rightarrow 3\pi) \left(1 + \frac{\Gamma_{\omega\pi\pi}}{\Gamma_{\omega}} \frac{\Gamma_{\omega'}}{\Gamma_{\rho'}} \left(\frac{f_{\omega'}}{f_{\rho'}} \right)^2 \right) \approx 2\sigma(e^+e^- \rightarrow \omega' \rightarrow 3\pi). \end{aligned}$$

Здесь мы воспользовались формулой (3), а для отношения $\Gamma_{\omega\pi\pi}/\Gamma_{\omega}$ взяли величину ($\approx 3,7\%$), полученную при исследовании $\rho - \omega$ интерференции в реакции $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ [5]. Заметим, что каналы практически не интерферируют.



Очевидно, что вклад $e^+e^- \rightarrow \rho' \rightarrow 3\pi$ должен приводить к более острому поведению сечения в области ω' -мезона — эффективному уменьшению ширины ω' -резонанса в полтора — два раза.

Непосредственную проверку рассматриваемого эффекта можно провести, измеряя спектры масс $\pi^+\pi^-$ мезонов при $m_{\pi^+\pi^-} \approx m_\rho \approx m_\omega$ для энергий пучков в области ω' -резонанса и вне ее. На рис. а показан спектр масс $\pi^+\pi^-$ -мезонов вне области ω' -резонанса, где справедливо соотношение (2), предсказываемое $SU(3)$ симметрией. Рис. б иллюстрирует усиление эффекта в области ω' -резонанса за счет нарушения (2), обусловленного разницей ширин ω' и ρ' -мезонов. Пунктиром на рисунках изображен спектр масс $\pi^+\pi^-$ -мезонов без учета электромагнитного $\rho - \omega$ смешивания. Относительное изменение эффекта при разных энергиях можно проследить (независимо от нормировок сечения), сравнивая $\pi^+\pi^-$ и $\pi^\pm\pi^0$ спектры масс, так как влияние электромагнитного $\rho - \omega$ смешивания на последние, очевидно, мало.

Институт математики
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступила в редакцию
13 ноября 1975 г.

Литература

- [1] P.Frenkiel et al. Nucl. Phys., B47, 61, 1972; J.Ballam et al. Nucl. Phys., B76, 375, 1974; M.Conversi et al. Phys. Lett., 52B, 493, 1974.
- [2] F.Ceradini et al. Phys. Lett., 43B, 341, 1973; R.Bernabei et al. Lett., Nuovo Cim., 11, 261, 1974.
- [3] F.M.Renard Nucl. Phys., B82, 1, 1974.
- [4] N.N.Achasov, A.A.Kozhevnikov, G.N. Shestakov. Phys. Lett., 50B, 448, 1974.
- [5] D.Benaksas et al. Phys. Lett., 39B, 289, 1972.