

## К ИССЛЕДОВАНИЮ РЕАКЦИИ $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$

*Н.Н.Ачасов, В.А.Карнаков*

Показано, что в реакции  $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  при энергиях  $\sqrt{s} = 1,0 \div 1,4$  ГэВ следует ожидать пороговое усиление сечения, связанное с открытием канала  $e^+e^- \rightarrow \rho \rightarrow \eta\rho \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ . Впервые вычислена ширина распада  $\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ ,  $\text{Br}(\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-) = 0,35 \cdot 10^{-6}$ , которую можно извлекать из интерференционной картины.

В настоящее время в ИЯФ СО АН СССР на ускорителе ВЭПП-2М при энергиях  $1 \div 1,4$  ГэВ ведутся эксперименты с нейтральным детектором по изучению радиационных распадов  $\phi$ -мезона. Большая статистика и высокая степень регистрации  $\gamma$ -квантов позволяют измерять процессы с небольшими сечениями. Например в <sup>1</sup> приведены данные по распадам  $\phi \rightarrow \eta\gamma$ ,  $\phi \rightarrow \pi\gamma$ , а также по редкому распаду  $\phi \rightarrow \eta e^+ e^-$  с сечением  $\sigma(e^+ e^- \rightarrow \eta e^+ e^-)$ , в пике  $\sim 0,5$  нб,  $\text{Br}(\phi \rightarrow \eta e^+ e^-) = 1,25 \cdot 10^{-4}$ .

В настоящей работе рассматривается вопрос экспериментального изучения процесса  $e^+ e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  на этой установке.

Этот процесс вблизи  $\phi$ -мезона ( $e^+ e^- \rightarrow \phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ ) можно использовать для измерения редкого распада  $\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ , идущего с нарушением  $G$ -четности. В данной работе впервые вычисляется его ширина:  $\text{Br}(\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-) = 0,35 \cdot 10^{-6}$ .

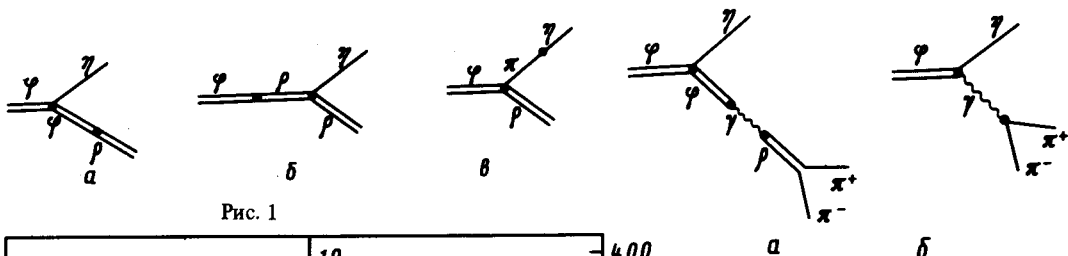


Рис. 1

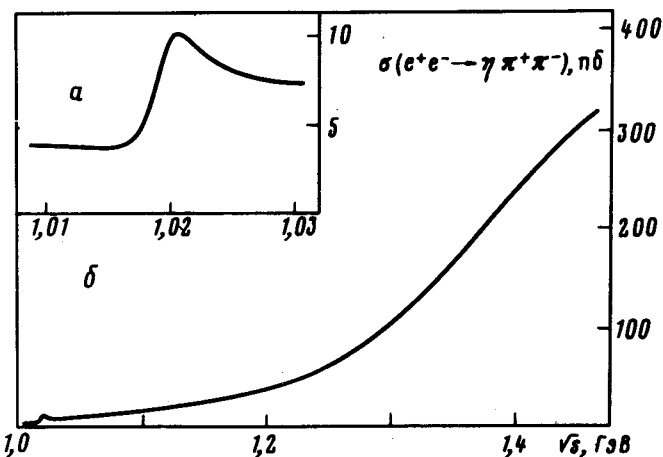


Рис. 3.

Кроме того реакция  $e^+ e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  интересна с точки зрения изучения изовекторной части электромагнитного тока:  $e^+ e^- \rightarrow \rho + \rho' + \dots \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ . В частности мы покажем, что в реакции  $e^+ e^- \rightarrow \rho \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  следует ожидать резкое пороговое усиление в сечении при энергиях от 1 до 1,4 ГэВ, связанное с открытием канала  $e^+ e^- \rightarrow \rho \rightarrow \eta\rho \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ . Например, при изменении энергии от 1,01 до 1,3 ГэВ сечение  $\sigma(e^+ e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-)$  возрастает в 20 раз, см. рис.3.

Считая процесс  $\phi \rightarrow \eta\rho \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  основным, получим

$$\Gamma(\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-) = \frac{1}{12\pi^2} \int_{4m_\pi^2}^{(m_\phi - m_\eta)^2} \frac{\sqrt{q^2} \Gamma_\rho(q^2) p_\eta^3(m_\phi^2, q^2)}{(q^2 - m_\rho^2)^2 + (\sqrt{q^2} \Gamma_\rho(q^2))^2} |g_{\phi\rho\eta}|^2 dq^2, \quad (1)$$

$$\sqrt{q^2} \Gamma_\rho(q^2) = m_\rho \Gamma_\rho(m_\rho^2) \left( \frac{p(q^2)}{p(m_\rho^2)} \right)^3 \frac{m_\rho}{\sqrt{q^2}},$$

$$p_\eta^2(m_\phi^2, q^2) = \frac{1}{4m_\phi^2} ((m_\phi^2 - m_\eta^2 - q^2)^2 - 4m_\eta^2 q^2), \quad (2)$$

где  $q^2$  — инвариантная масса  $\pi^+\pi^-$ -системы,  $p(q^2)$  — импульс пиона.

Вершина  $g_{\phi\rho\eta}$  в общем случае есть сумма трех вкладов, см. рис.1. Главной оказывается диаграмма рис.1, а, которая усилена за счет фактора  $m_\rho^2/q^2$ : обусловленного однофотонным вкладом в  $\phi \rightarrow \rho$  переход, поскольку  $q^2$  мало в данном случае ( $4m_\pi^2 < q^2 < (m_\phi - m_\eta)^2$ ). Эффективно усиливающий фактор  $m_\rho^2/q^2 \sim 4,4$ . Другие вклады частично компенсируются так, что значительная доля ширины распада  $\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  описывается диаграммой рис.2, а.

Используя данные по  $\phi \rightarrow \eta\gamma$  и модель векторной доминантности (VDM) получаем из (1)  $\text{Br}(\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-) = 0,35 \cdot 10^{-6}$ . Отметим, что диаграмма 2, а дает  $\text{Br}(\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-) = 0,25 \cdot 10^{-6}$ , а „чистая“ электродинамика, см. диаграмму 2, б дала бы,  $0,11 \cdot 10^{-6}$ . Для сравнения укажем, что ожидаемый  $\text{Br}(\phi \rightarrow \eta\mu^+\mu^-) = 0,6 \cdot 10^{-5}$ .

В области  $\phi$ -мезона амплитуда изучаемого нами процесса представима в виде суммы двух членов: собственно резонансной амплитуды рождения  $\phi$ -мезона и фоновой амплитуды. Фоном для амплитуды  $e^+e^- \rightarrow \phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  является амплитуда  $e^+e^- \rightarrow \rho \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ , в которой переход  $\rho \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  разрешен сильными взаимодействиями. Сечение имеет вид

$$\frac{d\sigma(e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-)}{d\Omega_\pi d\Omega_\rho dq^2} = \frac{d\sigma}{dq^2} (1 + \cos^2\theta_\rho) W(\theta_\rho, \theta_\pi, \phi_\pi), \quad (3)$$

$$W(\theta_\rho, \theta_\pi, \phi_\pi) = \frac{9}{128\pi^2} \left( \sin^2\theta_\pi + \frac{\sin^2\theta_\pi \cos 2\phi_\pi \sin^2\theta_\rho}{1 + \cos^2\theta_\rho} \right), \quad (4)$$

$$\frac{d\sigma}{dq^2} = \frac{4\alpha^2}{3} \frac{1}{s\sqrt{s}} \frac{\sqrt{q^2} \Gamma_\rho(q^2) \Gamma_\eta^3(s, q^2)}{(q^2 - m_\rho^2)^2 + (\sqrt{q^2} \Gamma_\rho(q^2))^2} |F(s)|^2, \quad (5)$$

$$F(s) = \frac{m_\rho^2}{g_{\rho\gamma}} \frac{g_{\rho\rho\eta}}{s - m_\rho^2 + i\sqrt{s}\Gamma_\rho(s)} + \frac{m_\phi^2}{g_{\phi\gamma}} \frac{g_{\phi\rho\eta}}{s - m_\phi^2 + i\sqrt{s}\Gamma_\phi(s)}, \quad (6)$$

где  $\theta$  — угол рассеяния  $\rho$ -мезона в СЦИ пучков,  $\theta_\pi, \phi_\pi$  — полярный и азимутальный углы  $\pi^+\pi^-$  в системе покоя  $\pi^+\pi^-$ -пары, когда ось  $z$  направлена по импульсу  $\rho$ -мезона в СЦИ пучков, а азимутальный угол отсчитывается от плоскости реакции.

На рис.3 изображено сечение

$$\sigma(e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-) = \int_{4m_\pi^2}^{(\sqrt{s} - m_\eta)^2} \frac{d\sigma}{dq^2} dq^2. \quad (7)$$

Вершину  $g_{\rho\rho\eta}$  получаем с помощью VDM из  $\Gamma_{\rho \rightarrow \eta\gamma} = 56 \text{ кэВ}^2$ , что совпадает с предсказанием кварковой модели, если использовать хорошо известную  $\Gamma_{\omega \rightarrow \pi\gamma}$ . На рис.3, а видна интерференционная картина в районе  $\phi$ -мезона, обусловленная распадом  $\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ .

Рис.3, б иллюстрирует внушительное пороговое усиление в сечении процесса  $e^+e^- \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ , обусловленное открытием канала  $e^+e^- \rightarrow \rho \rightarrow \eta\rho \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$ .

Отметим, что ожидаемый фон от двухфотонной аннигиляции  $e^+e^- \rightarrow f \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  порядка 1%.

Следует подчеркнуть, что в этой области энергий возможно проявление  $\rho'(1250)$ , существование которого обсуждается много лет.

Наблюдение распада  $\phi \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$  на установке ВЭПП-2М с нейтральным детектором является трудной задачей, хотя, в принципе, это возможно. Что касается порогового эффекта  $\rho$ -рождения, то его исследование возможно в самое ближайшее время.

В заключение нам принято поблагодарить В.Б.Голубева, В.Н.Иванченко, Э.А.Кураева и С.И.Середнякова, обсуждения с которым стимулировали написание этой работы. Мы благодарны также В.Б.Хлестову за любезно предоставленную возможность работы на ЭВМ.

### Литература

1. *Bukin A.D. et al.* Preprint INP 83-80, Novosibirsk, 1983.
2. Particle Data Group, *Phys. Lett.*, 1982, 111B, 1.

Институт математики  
Академии наук СССР  
Сибирское отделение

Поступила в редакцию  
28 января 1984 г.