

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0$ ПРИ 2 E ДО 1,4 ГЭВ

*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*

В интервале энергии 0,64 – 1,40 ГэВ исследована реакция $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0$. Сечение процесса хорошо описывается моделью векторной доминантности с $\rho(770)$ и $\rho(1600)$. Получены верхние пределы на лептонную ширину $\rho(1250)$ и на относительные вероятности распадов $\rho, \omega \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0$.

В настоящей работе приведены результаты исследования реакции $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0$ детектором ОЛЯ на накопителе ВЭПП-2М¹. Набор статистики осуществлялся сканированием интервала энергии 0,64 – 1,40 ГэВ с шагом, равным разбросу энергии в СЦМ (0,5 – 0,7 МэВ). Светимость, набранная в эксперименте, составила 1540 нб⁻¹. Предварительные результаты для интервала энергии 1,0 – 1,4 ГэВ опубликованы ранее².

Для исследования искомой реакции отбирались события с двумя неколлинеарными ($|\Delta\phi| > 10^\circ$ или $|\Delta\theta| > 10^\circ$) треками, выходящими из области взаимодействия пучков, и не менее, чем двумя γ -квантами в ливневых камерах квадрантов без треков. События с одним γ -квантом не рассматривались, так как среди них доминировали радиационные события типа $e^+ e^- \rightarrow e^+ e^- \gamma$. В указанных условиях отбора было выделено 1527 событий с двумя и 223 – с тремя γ -квантами. Спектры амплитуд в сцинтилляционных сэндвичах свидетельствуют о том, что заряженные частицы в отобранных событиях – в основном π -мезоны.

Основным источником фона для изучаемого процесса является реакция $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0$. Анализ отношения числа событий с тремя и двумя γ -квантами в моделировании и эксперименте показал, что ниже 1,1 ГэВ доминирует вклад канала $\pi^+ \pi^- \pi^0$, а при большей энергии преобладает рождение четырех π -мезонов. Детальный расчет суммарного фона от процессов $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0, e^+ e^- \gamma, K_S K_L$ показал, что до энергии 0,96 ГэВ наблюдаемое сечение хорошо объясняется фоновыми процессами ($\pi^+ \pi^- \pi^0, e^+ e^- \gamma$), а при большей энергии сечение превышает фоновое, причем разница между ними растет с энергией. Это свидетельствует о наличии нового канала $e^+ e^- \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0$.

В модели векторной доминантности рождение четырех π -мезонов может идти по следующим промежуточным механизмам: $\omega \pi^0, \rho^0 \pi^0 \pi^0, A_1^\pm \pi^\mp$ ^{3,4}. В случае $\rho^0 \pi^0 \pi^0$ механизма заряженные π -мезоны рождаются в распаде медленного ρ -мезона и тяготеют к коллинеарности, для $\omega \pi^0$ и $A_1^\pm \pi^\mp$ механизмов такой выделенности нет. Анализ распределения событий по углу между заряженными π -мезонами показал, что оно хорошо согласуется с ожидаемым для $\omega \pi^0$ механизма, а доля $\rho^0 \pi^0 \pi^0$ состояния не превышает 20% (рис. 1). При вычислении полного сечения использовалась вероятность регистрации для процесса $e^+ e^- \rightarrow \omega \pi^0$, составившего по данным⁵ заметную долю сечения. Радиационные поправки определялись соглас-

но ϵ и плавно менялись от -13% до -2% . Систематическая ошибка сечения не превышает 20% и определяется неточным знанием механизма рождения.

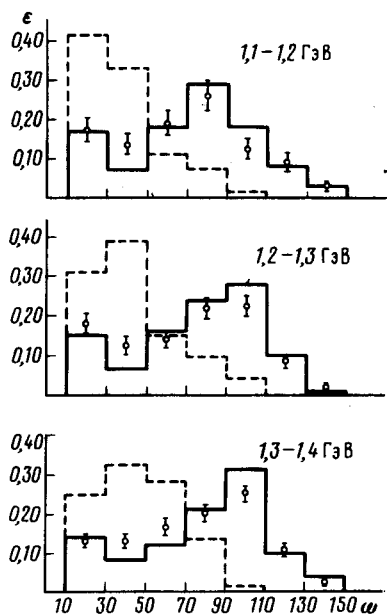


Рис. 1. Распределение по пространственному углу расколлинеарности: \circ — эксперимент, сплошная гистограмма — моделирование $\omega\pi^0$ механизма, пунктирная — моделирование $\rho^0\pi^0\pi^0$

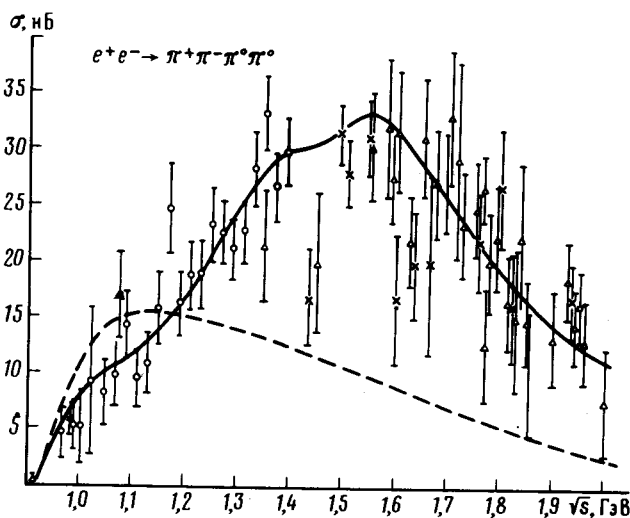


Рис. 2. Полное сечение реакции $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$: \blacktriangle — 9 , \triangle — 10 , \times — 11 , \circ — настоящая работа. Сплошная кривая — результат подгонки с учетом интерференции $\rho(770)$ и $\rho(1600)$, пунктирная кривая — предсказание работы 4

Измерение сечения процесса в широком диапазоне энергии от $0,74$ до $1,40$ ГэВ позволяет предпринять поиск распадов $\rho, \omega \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$. Мерой их относительной вероятности служит разность между наблюдаемым числом событий и ожидаемым от процессов $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0, e^+e^-\gamma$ при $2E \sim m_{\rho, \omega}$. Для определения $B(\rho, \omega \rightarrow 4\pi)$ использовались 440 событий в интервале энергии $0,7 - 0,9$ ГэВ. Подгонка энергетической зависимости экспериментальных данных в предположении $\omega\pi^0$ промежуточного механизма дала следующие значения верхних пределов на относительные вероятности распада:

$$B(\rho \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0) < 2 \cdot 10^{-4}$$

$$B(\omega \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0) < 2 \cdot 10^{-2} \text{ с } 90\% \text{-ным уровнем достоверности.}$$

Верхний предел для распада $\omega \rightarrow 4\pi$ получен впервые. Лучшее ограничение на распад $\rho^\pm \rightarrow \pi^\pm\pi^+\pi^-\pi^0$ составляет $2 \cdot 10^{-3}$ ⁷, т. е. на порядок хуже данной работы. Полученное нами ограничение, соответствующее $\Gamma_{\rho \rightarrow 4\pi} < 30$ кэВ, следует сравнить с расчетом в модели векторной доминантности $\Gamma_{\rho \rightarrow 4\pi} = 0,9$ кэВ⁸.

На рис. 2 показано полное сечение процесса $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0\pi^0$ при энергии до 2 ГэВ, полученное в данной работе, а также в Орсе и Фраскати⁹⁻¹¹. Сечение быстро растет с энергией и при энергии больше $1,2$ ГэВ заметно превышает предсказания модели векторной доминантности с одним $\rho(770)$. Ясно, что в наблюдаемое сечение дает вклад $\rho(1600)$, однако большой разброс данных при энергии выше $1,5$ ГэВ затрудняет их интерпретацию, а также обсуждение вопроса о $\rho(1250)$.

При подгонке экспериментальных данных использовались до $1,4$ ГэВ результаты настоящей работы, а при большей энергии данные Орсе. Предполагалось, что $\rho(1250)$ распадается только на $\omega\pi^0, \rho(1600)$ — только на $A_1^\pm\pi^\mp$, а $\rho(770)$ имеет отличные от нуля константы свя-

зи как с $\omega\pi^0$, так и с $A_1^+ \pi^-$. Подгонка показала, что хорошее описание всех данных достигается и без ρ (1250). При этом значения параметров ρ (1600) близки к табличным. Включение отличной от нуля константы связи ρ (1250) с $\omega\pi^0$ незначительно меняет χ^2 . Для резонанса с массой 1260 МэВ и шириной 125 МэВ ⁷ найден верхний предел на произведение его лептонной ширины и вероятности распада в $\pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0$: $\Gamma(\rho \rightarrow e^+ e^-)B(\rho \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^0 \pi^0) < 170$ эВ с 90%-ным уровнем достоверности.

В заключение авторы выражают глубокую благодарность коллективу ВЭПП-2М за хорошую работу комплекса.

Литература

1. Букин А.Д. и др. ЯФ, 1976, 27, 976.
2. Kurdadze L.M. et al. Preprint INP 79-69, Novosibirsk, 1979.
3. Алтухов А.М., Хриплович И.Б. ЯФ, 1971, 14, 783.
4. Layssac Y., Renard F.M. Lett. Nuovo Cim., 1971, 1, 197.
5. Долинский С.И. и др. Препринт ИЯФ 85-98, Новосибирск, 1985.
6. Кураев Э.А., Фадин В.С. ЯФ, 1985, 41, 733.
7. Review of Particle Properties, Rev. Mod. Phys., 1984, 56, S1.
8. Renard F.M. Nuovo Cim., 1969, 64A, 979.
9. Cosme G. et al. Phys. Lett., 1976, 63B, 349.
10. Cosme G. et al. Nucl. Phys., 1979, B152, 215.
11. Bacci C. et al. Nucl. Phys., 1981, B184, 31.

Институт ядерной физики
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступила в редакцию
18 апреля 1986 г.