

## ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЕРОЯТНОСТИ РАСПАДА $\phi \rightarrow \eta\gamma$

*Л.М.Курдадзе, М.Ю.Лельчук, Н.И.Роот, В.А.Сидоров  
А.Г.Чилингаров, Б.А.Шварц, С.И.Эйдельман*

На накопительном кольце ВЭПП-2М с помощью детектора ОЛЯ измерено сечение реакции  $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma\gamma$  в области  $\phi$  (1020). Получена относительная вероятность распада  $\phi \rightarrow \eta\gamma$ :  $B(\phi \rightarrow \eta\gamma) = 0,9 \pm 0,2 \%$ .

Приводимые результаты получены из обработки информации, накопленной в эксперименте по поиску распада  $\phi \rightarrow \pi^+\pi^-$ <sup>1</sup>. Детектор ОЛЯ, подробное описание которого можно найти в работе<sup>1</sup>, состоит из четырех идентичных квадрантов, окружающих место встречи пучков. Полный телесный угол равен  $0,65 \cdot 4\pi$  стерадиан. Каждый из квадрантов содержит сцинтилляционные счетчики, координатные камеры, ливневый детектор и пробегную систему. Ливневый детектор состоит из сцинтилляционного сэндвича (четыре свинцовых пластины по  $1X_0$ , прослоенных четырьмя 10 мм пластинами сцинтиллятора) и двух искровых камер,

---

1) В нашем анализе  $R_{1/2}^\infty$  и  $R_{3/2}^\infty$  отдельно и однозначно не определяются из-за сильной корреляции между ними.

расположенных соответственно после второй и четвертой пластин сцинтиллятора. Каждая сцинтилляционная пластина просматривается своим ФЭУ.

Для регистрации событий типа  $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma \rightarrow 3\gamma$  использовался следующий запуск: не менее чем в трех квадрантах требовалось срабатывание сэндвича в антисовпадении со сцинтилляционным счетчиком, предшествующим сэндвичу (отсутствие заряженных частиц). Сэндвич считался сработавшим, если сумма сигналов со всех четырех входящих в него сцинтилляционных счетчиков превышала  $3A_0$ , где  $A_0$  — наиболее вероятная амплитуда сигнала от релятивистской частицы в одной сцинтилляционной пластине.

Эксперимент <sup>1</sup> состоял из нескольких циклов сканирования интервала энергий  $W$  от 1006 до 1048 МэВ ( $W = 2E$ , где  $E$  — энергия пучка). Интеграл светимости для использованной в данной обработке экспериментальной информации составлял  $770 \text{ нбн}^{-1}$ .

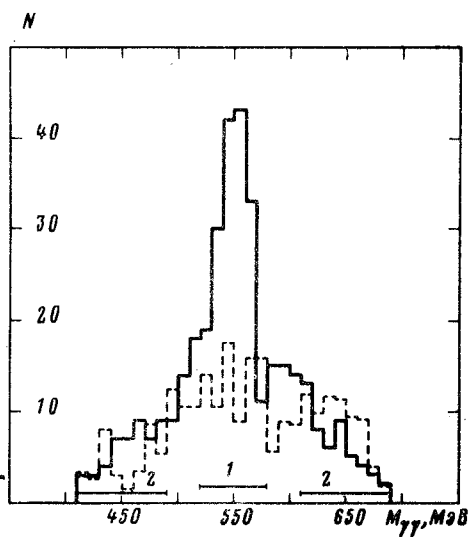


Рис.1

Рис.1. Распределение событий с тремя  $\gamma$ -квантами по  $M_{\gamma\gamma}$  в области энергии  $\phi$ -резонанса ( $m_\phi \pm 3 \text{ МэВ}$ ). Сплошная линия — эксперимент, пунктирная — расчет фона

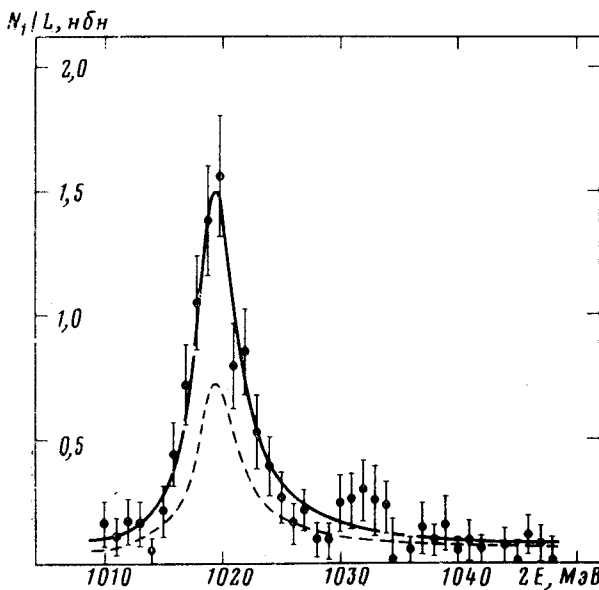


Рис.2.

Рис.2. Отношение наблюдаемого числа событий с  $520 \text{ МэВ} < M_{\gamma\gamma} < 580 \text{ МэВ}$  к светимости в зависимости от энергии. Пунктиром изображен вклад фоновых процессов: нерезонансного ( $e^+e^- \rightarrow 3\gamma$ ) и резонансного ( $e^+e^- \rightarrow K_L K_S \rightarrow \pi^0 \pi^0$ )

При обработке выделялись события, содержащие три  $\gamma$ -кванта в ливневых искровых камерах разных квадрантов и ни одного трека в координатных камерах. В ливневых камерах определялись координаты  $\gamma$ -квантов по центрам тяжести электромагнитных ливней. Через эти три точки проводилась плоскость, пересечение которой с осью  $x$ , совпадающей с осью пучков, определяло точку рождения  $\gamma$ -квантов  $x_\gamma$  и, тем самым, направления их вылета. Затем требовалось, чтобы: 1)  $|x_\gamma - x_0| < 80 \text{ мм}$ , где  $x_0$  — центр области взаимодействия  $e^+e^-$ -пучков; 2) все три фотона не лежали в одной полуплоскости; 3) сумма сигналов с сэндвичей трех квадрантов, содержащих  $\gamma$ -кванты, была больше  $20 A_0$ . Для отобранных событий по известной энергии  $W$  и углам вылета  $\gamma$ -квантов восстанавливались их энергии в предположении, что суммарный импульс равен нулю. Точность восстановления энергии  $\gamma$ -кванта составляла  $\sigma/E \approx 4,5 \%$ . Окончательно отбирались события, в которых минимальная из восстановленных энергий фотонов  $E_{\min}$  была больше  $150 \text{ МэВ}$ . Всего по указанным критериям было отобрано 627 событий с тремя квантами.

В каждом событии выделялись два  $\gamma$ -кванта, предположительно возникшие от распада  $\eta$ -мезона и вычислялась их инвариантная масса  $M_{\gamma\gamma}$ . Отбор этих двух  $\gamma$ -квантов производился с помощью следующего правила, основанного на кинематике реакции  $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma_{\gamma\gamma}$ . В качестве первого выбирался фотон с минимальной энергией  $E_{min}$ ; а в качестве второго — фотон с максимальной энергией, если  $E_{min} < m_\eta^2 / 2E$ ; или фотон с промежуточной энергией, если  $E_{min} > m_\eta^2 / 2E$  ( $m_\eta$  — масса  $\eta$ -мезона).

Распределение по параметру  $M_{\gamma\gamma}$  для событий из области  $\phi$ -резонанса ( $m_\phi \pm 3$  МэВ) показано на рис.1. На фоновой подложке хорошо виден пик в области значений  $M_{\gamma\gamma} \approx 550$  МэВ, соответствующий двухфотонным распадам  $\eta$ -мезона. Ширина этого пика определяется точностью измерения углов вылета фотонов и составляет (среднеквадратичное отклонение)

$\sigma_M \approx 20$  МэВ. Для выделения реакции  $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma \rightarrow 3\gamma$  использовались события с  $M_{\gamma\gamma} = 550 \pm 30$  МэВ, ( область отмеченная на рис.1 цифрой 1). В эту область попало  $N_1 = 290$  из 627 трехфотонных событий.

Область  $|M_{\gamma\gamma} - 550| > 60$  МэВ, отмеченная на рис.1 цифрой 2, не содержит событий процесса  $\eta\gamma$ . Эта область была использована для определения величины фона, попадающего в область 1. Основными источниками фона являются: реакция  $e^+e^- \rightarrow \phi \rightarrow K_L K_S \pi^0 \pi^0$ , имеющая резонансный характер, и квантовоэлектродинамический (КЭД) процесс  $e^+e^- \rightarrow 3\gamma$ . Отношение числа событий резонансного фона в областях 1 и 2 было найдено по экспериментальным данным, а также с помощью моделирования <sup>2</sup> реакции  $e^+e^- \rightarrow K_L K_S \pi^0 \pi^0$ . Оно оказалось равным  $0,80 \pm 0,09$ . Распределение по  $M_{\gamma\gamma}$  для событий фоновых процессов показано на рис.1 пунктиром.

Зависимость отношения числа зарегистрированных событий к светимости  $\sigma_{\text{эксп}}^{\text{рег}} = N_1/L$  от энергии приведена на рис.2. Светимость в каждой точке определялась по числу событий упругого рассеяния  $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$ , выделенных ранее <sup>1</sup>. Эта зависимость аппроксимировалась суммой трех вкладов  $\sigma^{\text{рег}} = \sigma_{\eta\gamma} + \sigma_{K_L K_S} + \sigma_{3\gamma}$ , учитывающих, соответственно, эффект, резонансный и нерезонансный фон. Найденная в результате оптимизации величина  $\sigma^{\text{рег}}$  изображена на рис.2 сплошной кривой. Пунктиром показан вклад фоновых процессов ( $\sigma_{K_L K_S} + \sigma_{3\gamma}$ ). Нерезонансный фон составляет около 3% от максимума  $\phi$ -мезонного пика и согласуется с ожидаемым вкладом от КЭД процесса  $e^+e^- \rightarrow 3\gamma$ .

Радиационные поправки (РП) вычислялись согласно выражению <sup>3, 4</sup>:

$$\alpha(W) = \beta e^{\frac{13}{12} \beta \frac{E}{\omega}} \int_0^W \sigma_0 (W - \omega) \frac{1}{\omega} (\omega/E)^\beta \left(1 - \frac{\omega}{E} + \frac{\omega^2}{2E^2}\right) d\omega;$$

где  $\omega$  — энергия радиационного фотона,  $\beta = \frac{4\alpha}{\pi} \left(\ln \frac{W}{m_e} - \frac{1}{2}\right)$ ,  $\sigma_0(W)$  — сечение процесса

без РП. Вероятность регистрации процесса  $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma \rightarrow 3\gamma$  была найдена с помощью моделирования <sup>2</sup> методом Монте-Карло. Она оказалась равной  $6,7 \pm 0,5\%$ . С учетом этой величины для сечения реакции  $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma \rightarrow 3\gamma$  в максимуме  $\phi$ -резонанса методом максимального правдоподобия было получено значение  $\sigma^{\text{max}} = 15 \pm 3$  нбн. Ошибка в заметной степени определяется вычитанием большого резонансного фона. Используя табличные значения относительных вероятностей распадов  $B(\phi \rightarrow ee)$  и  $B(\eta \rightarrow \gamma\gamma)$  <sup>5</sup>, получаем:

$$B(\phi \rightarrow \eta\gamma) = 0,88 \pm 0,18 \pm 0,08\%;$$

первая ошибка — статистическая, вторая — оценка возможной систематической погрешности. Полученное значение лежит ниже всех предыдущих результатов, но в пределах полутора ошибок согласуется с наиболее точными из них:  $1,5 \pm 0,4\%$  <sup>6</sup>,  $1,35 \pm 0,29\%$  <sup>7</sup>,  $1,14 \pm 0,11\%$  <sup>8</sup>.

В заключение авторы выражают глубокую признательность всему коллективу ВЭПП-2М, обеспечившему хорошую работу ускорительного комплекса во время проведения эксперимента.

### Литература

1. Курдадзе Л.М. и др. ЯФ, 1982, 35, 352.
2. Букин А.Д., Эйдельман С.И. Препринт ИЯФ 77-101, Новосибирск, 1977.
3. Tavernier S. These du Doctorat 3<sup>eme</sup> Cycle, RI 68/7, Orsay, 1968.
4. Азимов Я.И., Вайнштейн А.И., Лунатов Л.Н., Хозе В.А. Письма в ЖЭТФ, 1975, 21, 378.
5. Review of Particle Properties. Phys. Lett., 1982, 111B, 1.
6. Cosme G. et al. Phys. Lett., 1976, 63B, 352.
7. Andrews D.E. et al. Phys. Rev. Lett., 1977, 38, 198.
8. Букин А.Д., и др. Препринт ИЯФ 83-80, Новосибирск, 1983.

Институт ядерной физики  
Академии наук СССР  
Сибирское отделение

Поступила в редакцию  
25 июля 1983 г.