

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ НА ВЕРОЯТНОСТЬ РАСПАДА $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$

В.Н.Болотов, С.Н.Гниненко, Р.М.Джилкибаев, В.В.Исаков,
Ю.М.Клубаков, В.Д.Лантев, В.М.Лобашев, В.Н.Марин,
В.Е.Постоев, А.А.Поблагуев, А.Н.Торопин

Используя в качестве источника π^0 -мезонов распад $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0$, получено ограничение на относительную вероятность распада $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$: $V.R.(\pi^0 \rightarrow 4\gamma) < 1,6 \cdot 10^{-6}$

Распад $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$ разрешен всеми известными правилами отбора. Ожидаемая относительная вероятность распада $V.R.(\pi^0 \rightarrow 4\gamma) = \Gamma(\pi^0 \rightarrow 4\gamma)/\Gamma(\pi^0 \rightarrow 2\gamma)$ достаточно мала и по теоретическим оценкам составляет довольно неопределенную величину: $V.R.(\pi^0 \rightarrow 4\gamma) \cong 10^{-9} \div 10^{-16}$ ^{1, 2}. Интерес к распаду $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$ связан также с тем, что он является одним из источников фона в экспериментах по поиску нарушающего C -инвариантность распада $\pi^0 \rightarrow 3\gamma$ ¹. Лучшее экспериментальное ограничение на относительную вероятность распада $V.R.(\pi^0 \rightarrow 4\gamma) < 4,4 \cdot 10^{-6}$ было получено в работе³. В настоящей работе получено новое значение для величины $V.R.(\pi^0 \rightarrow 4\gamma) < 1,6 \cdot 10^{-6}$.

Измерения были проведены параллельно с изучением редких мод распадов π^- и K^- -мезонов на лету на 70 ГэВ ускорителе ИФВЭ (установка "Истра"). В качестве источника π^0 -мезонов использовался распад $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0$. Энергия несепарированного пучка K^- -мезонов составляла 25 ГэВ. Фотоны от распада π^0 -мезона регистрировались черенковским спектрометром полного поглощения (Sp), представляющего собой матрицу 24 \times 22 счетчиков из свинцового стекла⁴. Координаты K^- - и π^- -мезонов регистрировались с помощью годоскопических фотоумножителей (НРН) и пропорциональных камер с аналоговым съемом информации (РС), соответственно^{5, 6}. Подробнее состав и характеристики аппаратуры установки "Истра" описаны в⁴. Для выделения событий с числом γ -квантов $n \geq 3$ и подавления доминирующей моды распада $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \rightarrow \pi^- 2\gamma$ использовалось включение в триггер системы отбора γ -ливней в черенковском спектрометре⁷.

При отборе событий – кандидатов распада $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \rightarrow \pi^- 4\gamma$ использовались следующие критерии:

- 1) наличие в Sp четырех γ -ливней с порогом $E_\gamma > 1$ ГэВ,
- 2) суммарное энерговыделение в Sp больше 10 ГэВ,
- 3) наличие в НРН и РС только одного трека,
- 4) минимальное расстояние между проекцией π^- -трека на Sp и ближайшим γ -ливнем $R_{\pi\gamma} > 10$ см.

Для всех событий, прошедших эти отборы, проверялась гипотеза $K^- \rightarrow \pi^- 4\gamma$ (4С-фит). События, имеющие $\chi^2 > 15$ в дальнейшем не рассматривались. Для оставшихся событий на рисунке показано их распределение по эффективной массе четырех фотонов $M_{4\gamma}$. События, лежащие в области $275 \text{ МэВ} < M_{4\gamma} < 360 \text{ МэВ}$, представляют собой распад $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \pi^0 (\tau^e)$, число которых с учетом вычета небольшого фона составляет $N(\tau^e) = 51454 \pm 230$ и используется далее для нормировки. Стрелками показана область масс четырех γ -ливней, определенная с помощью расчетов методом Монте-Карло и соответствующая 95% содержанию событий от распада $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$. При моделировании полагалось, что импульсы γ -квантов в распаде $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$ распределены по фазовому объему. Указанная область содержит 38 кандидатов на распад $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$.

С целью снижения фона из-за перегрузки Sp в центральной области и наложения близких по времени событий, в дальнейшем были введены дополнительные критерии отбора по а) минимальной из четырех энергий γ -квантов в лаб. системе $E_{\gamma_{min}} > 1,2$ ГэВ; б) расстояние $R_{\gamma_{min}}$ этого γ -кванта от оси пучка: $R_{\gamma_{min}} > 2$ см; а также в) уменьшена область значений эффективной массы четырех γ -квантов до $129 \text{ МэВ} < M_{4\gamma} < 141 \text{ МэВ}$.

Указанные условия приводят к потере $\sim 16\%$ событий от распада $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$, при этом из 38 событий-кандидатов ни одно не удовлетворило одновременно условиям отбора п.п. а), б), в). Таким образом верхний предел на число распадов $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$ составляет величину $< 2,3$ на 90% -ном уровне достоверности. Число распадов τ' и распадов $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$ на одно и то же число распавшихся K^- -мезонов N_k составляет:

$$N(\tau') = N_k \text{ B.R.}(\tau') \epsilon_{\text{геом}} \epsilon_{\chi^2} \epsilon,$$

$$N(\pi^0 \rightarrow 4\gamma) = N_k \text{ B.R.}(K^- \rightarrow \pi^- \pi^0) \text{ B.R.}(\pi^0 \rightarrow 4\gamma) \epsilon'_{\text{геом}} \epsilon'_{\chi^2} \epsilon',$$

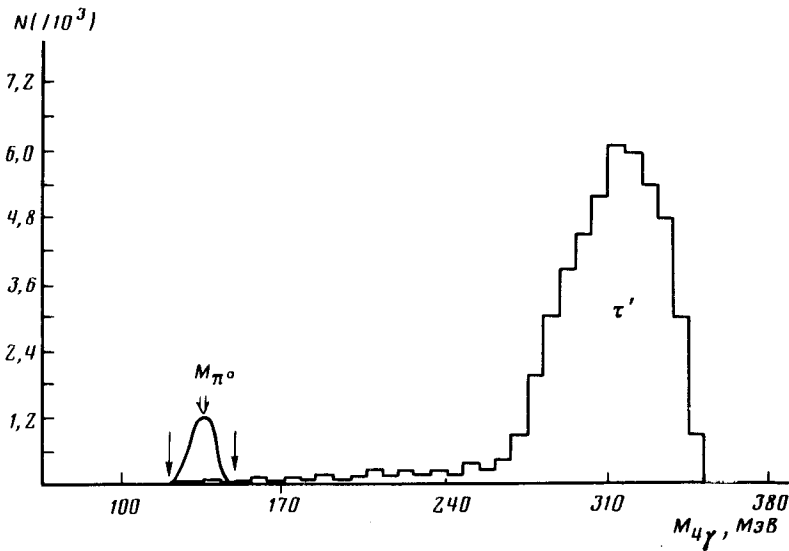
где: $\epsilon_{\text{геом}}$ – геометрическая эффективность регистрации процесса, ϵ_{χ^2} – эффективность обрезания по χ^2 , ϵ – суммарная эффективность по критериям отбора и регистрации процесса. После простых преобразований имеем:

$$\text{B.R.}(\pi^0 \rightarrow 4\gamma) = \frac{N(\pi^0 \rightarrow 4\gamma)}{N(\tau')} \frac{\text{B.R.}(\tau')}{\text{B.R.}(K^- \rightarrow \pi^- \pi^0)} \frac{\epsilon_{\text{геом}}}{\epsilon'_{\text{геом}}} \frac{\epsilon_{\chi^2}}{\epsilon'_{\chi^2}} \frac{\epsilon}{\epsilon'}.$$

Для значений $\frac{N(\pi^0 \rightarrow 4\gamma)}{N(\tau')} < 4,5 \cdot 10^{-5}$; $\frac{\text{B.R.}(\tau')}{\text{B.R.}(K^- \rightarrow \pi^- \pi^0)} = 0,08$ и определенных с помощью моделирования величин:

$$\frac{\epsilon_{\text{геом}}}{\epsilon'_{\text{геом}}} = 0,37; \quad \frac{\epsilon}{\epsilon'} = 1,2; \quad \frac{\epsilon_{\chi^2}}{\epsilon'_{\chi^2}} = 1,$$

получаем: $\text{B.R.}(\pi^0 \rightarrow 4\gamma) < 1,6 \cdot 10^{-6}$.



Распределение по эффективной массе четырех γ -квантов $M_{4\gamma}$. Стрелками показана область смоделированного спектра масс $M_{4\gamma}$, содержащая 95% событий от распада $\pi^0 \rightarrow 4\gamma$

В заключение мы пользуемся случаем поблагодарить дирекцию ИЯИ АН СССР и ИФВЭ за поддержку программы исследований на установке "Истра", в рамках которой была выполнена эта работа. Авторы также благодарны А.В.Берлеву, О.В.Каравичеву за помощь в работе.

Литература

1. Тарсов А.В. ЯФ, 1967, 5, 445.
2. Schult R.L., Young B.L. Phys. Rev., 1972, D6, 1988.
3. Averbach et al. Phys. Rev., 1980, 90B, 317.
4. Болотов В.Н. и др. Препринт ИЯИ АН СССР, П-0428, М., 1985.
5. Васильченко В.Г. и др. Препринт ИФВЭ 78-16, Серпухов, 1978.

6. *Bolotov V.N. et al.* NIM, 1985, A227, 287.

7. *Гниненко С.Н. и др.* Препринт ИЯИ АН СССР, П-0427, М., 1985.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
20 марта 1986 г.