

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОГО ЭКЗОТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ $\varphi\pi^0$ С МАССОЙ ОКОЛО 1,5 ГЭВ

С.И.Битюков, В.А.Викторов, Н.К.Вишневский,
С.В.Головкин, Р.И.Джелядин, В.А.Дорофеев,
Ю.В.Ермолин, А.М.Зайцев, А.С.Константинов,
В.П.Кубаровский, А.И.Кулявцев, В.Ф.Куршецов,
Л.Г.Ландсберг, В.В.Лапин, В.А.Мухин, Ю.Б.Новожилов,
В.Ф.Образцов, Ю.Д.Прокошкин, В.И.Соляник.

Получены новые данные о резонансе в системе $\varphi\pi^0$, образующемся в реакции перезарядки $\pi^-p \rightarrow Cn$, $C \rightarrow \varphi\pi^0$. Эксперимент выполнен на 70-ГэВ ускорителе ИФВЭ. Масса и ширина резонанса равны: $M_C = 1490 \pm 25$ МэВ, $\Gamma_C = 165 \pm 30$ МэВ. Определена величина сечения при импульсе 32,5 ГэВ/с: $\sigma(\pi^-p \rightarrow Cn)BR(C \rightarrow \varphi\pi^0) = 35 \pm 15$ нбн. С-состояние имеет изоспин $I=1$, спин $J \geq 1$ и отрицательную зарядовую четность. Оно сильно связано с $\varphi\pi^0$ -каналом и интерпретируется как возможный экзотический мезон.

В настоящей работе приводятся результаты нового экспериментального исследования $\varphi\pi^0$ системы, образующейся в реакции перезарядки

$$\pi^-p \rightarrow \varphi\pi^0 n.$$

(1)

Как и в предыдущей работе ¹, где эта реакция была впервые изучена, измерения были выполнены на пучке π^- -мезонов с импульсом 32,5 ГэВ/с ускорителя ИФВЭ при помощи комбинированного спектрометра "Лептон-Ф" ^{2,3}.

Установка, позволявшая эффективно регистрировать заряженные адроны и γ -кванты, включала в себя широкоапертурный магнитный спектрометр с проволочными пропорциональными камерами и годоскопический гамма-спектрометр ГАМС-200 ⁴. Заряженные частицы как в начальном, так и в конечном состоянии реакции, идентифицировались при помощи газовых пороховых черенковских счетчиков.

За время экспозиции спектрометра в пучке через его мишень было пропущено $4 \cdot 10^{11}$ π^- -мезонов. По сравнению с первыми измерениями ¹ была вдвое увеличена чувствительность измерений. Кроме того, были существенно улучшены фоновые условия, увеличен акцептанс спектрометра, добавлены новые пропорциональные камеры, повышена эффективность идентификации вторичных K -мезонов. Одновременно с основным эксклюзивным процессом



включающим в себя (1), регистрировалась и интенсивная реакция



данные о которой использовались для нормировки сечений, калибровки установки и исследования фона.

Для обработки были отобраны события с двумя заряженными частицами в конечном состоянии, имевшими энергии $E_{\pm} > 7,3$ ГэВ, и с двумя γ -квантами с энергиями $E_{\gamma 1, 2} > 0,5$ ГэВ, $E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2} > 5$ ГэВ (подробнее см. в ¹). В спектре масс пар γ -квантов $M_{\gamma\gamma}$ доминирует пик, соответствующий π^0 -мезону. Введение критериев отбора $100 < M_{\gamma\gamma} < 180$ МэВ и $29 < (E_{\gamma 1} + E_{\gamma 2} + E_+ + E_-) < 35$ ГэВ, позволило выделить реакции (2), (3) при низком уровне фона.

В спектре масс $K^+ K^-$ -систем в реакции (2) наблюдается четкий пик, соответствующий образованию φ -мезона в реакции (1). Положение пика ($\bar{M}_{K^+ K^-} = 1020$ МэВ) совпадает с табличным значением массы φ -мезона, ширина пика (9,6 МэВ) определяется, в основном, аппаратурным разрешением спектрометра. События реакции (2) были отобраны из области пика ($1016 < M_{K^+ K^-} < 1024$ МэВ). Вклад фона был учтен путем вычитания числа событий в соседних массовых интервалах (1002 – 1010 и 1030 – 1038 МэВ).

Полученный спектр масс $\varphi\pi^0$ -систем в реакции (1) приведен на рисунке. В спектре доминирует резонансное C -состояние ¹.

При обработке данных о процессе (2) и выделении событий реакции (1) варьировались критерии отбора событий, использовались разные способы вычитания фона под φ -пиком. Спектры масс $\varphi\pi^0$ -систем, полученные различными методами хорошо согласуются между собой. Усредненные характеристики C -состояния равны

$$M_c = 1490 \pm 25 \text{ МэВ}, \quad \Gamma_c = 165 \pm 30 \text{ МэВ}. \quad (4)$$

Величина сечения образования C -состояния получена равной

$$\sigma(\pi^- p \rightarrow Cn) \text{BR}(C \rightarrow \varphi\pi^0) = 35 \pm 15 \text{ нбн}. \quad (5)$$

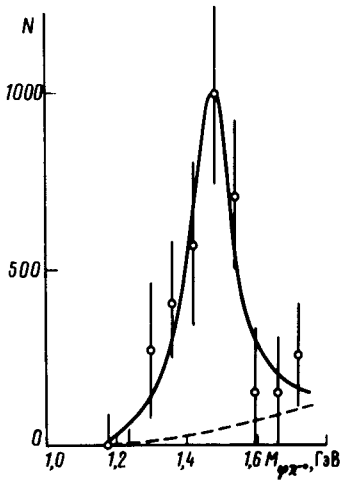
Указанные неопределенности величин обусловлены, в основном, систематическими погрешностями.

Величины (4), (5) согласуются с ранее полученными значениями ¹. Они подтверждены также данными работы ⁵, где изучались заряженные $\varphi\pi^-$ -состояния.

Резонансные $\varphi\pi$ -состояния рассматривались в теоретических работах ^{6,7}.

Из схемы распада $C \rightarrow \varphi\pi^0$ следует, что это состояние характеризуется изоспином $J = 1$ и отрицательной зарядовой четностью¹⁾.

Ограниченный акцептанс нашего спектрометра и ограниченная статистическая обеспеченность, связанная с малостью сечения (5), не позволяет провести полный анализ угловых распределений для распада $C \rightarrow \varphi\pi^0$. Однако мы смогли изучить распределение событий по углу между K^- -мезоном и π^0 -мезоном в СЦМ φ -мезона $\theta_{K^-\pi^0}$. Это распределение практически не искажено акцептансом. Результаты анализа исключают угловое распределение $dN/d\cos\theta_{K^-\pi^0} \sim \cos^2\theta_{K^-\pi^0}$, которое должно реализовываться в случае спина C -состояния $J = 0$. Поэтому мы определяем спин C -состояния, как $J \geq 1$. Следует отметить, что этому состоянию, образуемому вблизи кинематического порога, естественно приписать $J^P = 1^+$ (что соответствует орбитальному моменту $l = 0$); состояния с более высоким спином должны быть резко подавлены барьерным фактором.



Спектр эффективных масс $\varphi\pi^0$ -системы в реакции $\pi^-p \rightarrow \varphi\pi^0n$ при импульсе 32,5 ГэВ/с с учетом эффективности установки. Спектр фитирован резонансной кривой Брейта – Вигнера (сплошная кривая) и полиномиальным фоном (пунктирная кривая)

Если бы C -состояние имело обычную кварковую структуру, $(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}$ ($I = 1$), то вероятность распада $C \rightarrow \varphi\pi^0$, запрещенного правилом отбора Окубо – Цвейга – Изуки, должна была бы быть очень мала по сравнению с $C \rightarrow \omega\pi^0$ ($< 1/100$). Нами был проанализирован спектр масс $\omega\pi^0$ -систем, полученный в цикле экспериментов на спектрометре ГАМС-2000 ⁸. В этом спектре доминируют пики, соответствующие образованию $B(1285)$ - и $g(1680)$ -мезонов и их распадам $B \rightarrow \omega\pi^0$, $g \rightarrow \omega\pi^0$. В области же $\sim 1,5$ ГэВ (4) в спектре масс $\omega\pi^0$ -систем не наблюдается статистически значимых структур. Отсюда получено ограничение на 95%-ом уровне достоверности):

$$\text{BR}(C \rightarrow \varphi\pi^0)/\text{BR}(C \rightarrow \omega\pi^0) > 1/2. \quad (6)$$

Это на два порядка величины превышает значение, ожидаемое в случае обычной, $q\bar{q}$ структуры C -состояния.

Сильная связь C -состояния с каналом $\varphi\pi^0$ является веским аргументом в пользу интерпретации его как криптоэкзотического ⁶ с возможной четырех-кварковой структурой $(u\bar{u} - d\bar{d})s\bar{s}/\sqrt{2}$. В этом случае естественным образом объясняется изоспин состояния $I = 1$ и его сильная связь с φ -мезоном ($=s\bar{s}$). В литературе обсуждалась также возможность интенсивных распадов с s -кварками для гибридных состояний (мейктонов), кварк-глюонных мезонов типа $q\bar{q}g$ ⁹.

¹⁾ C -состояние по своим квантовым числам резко отличается от "соседей" по массе $E(1420)$, $J^PC = 01^{++}$ и $i(1440)$, 00^{+-} .

Литература

1. Битюков С.И. и др. ЯФ, 1983, 38, 1205.
2. Битюков С.И. и др. ЯФ, 1984, 39, 1165.
3. Битюков С.И. и др. Препринт ИФВЭ 84-216, Серпухов, 1984.
4. Бион Ф. и др. Препринт ИФВЭ 80-141, Серпухов, 1980; Nucl. Instr. Meth., 1981, 188, 507.
5. Антипов Ю.М. и др. Письма в ЖЭТФ, 1983, 38, 356.
6. Close F.E., Lipkin H.J. Phys. Rev. Lett., 1980, 41, 1263.
7. Баринюв Н.У. и др. ЯФ, 1979, 29, 1357.
8. Бион Ф. и др. Препринт ИФВЭ 85-62, Серпухов, 1985; ЯФ, 1983, 38, 934; Nuovo Cim., 1983, 78A, 313.
9. Chanowitz M.S. Preprint LBL-16653, Berkeley, USA, 1983.

Институт физики высоких энергий

Поступила в редакцию

5 сентября 1985 г.