

## ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ РЕЗОНАНС В СИСТЕМЕ $\varphi\pi^0$ ОКОЛО 1,5 ГэВ ЧЕТЫРЕХКВАРКОВЫМ СИГНАЛОМ?

Н.Н. Ачасов

Обращается внимание на то, что наблюдение узкого резонанса в системе  $\omega\eta$  около 1,5 ГэВ положительно ответило бы на вопрос, поставленный в заглавии, и означало бы открытие двух четырехкварковых состояний.

Недавно в ИФВЭ на установке "Лептон-Ф" была открыта резонансная структура в системе  $\varphi\pi^0$  в реакции  $\pi^- p \rightarrow \varphi\pi^0 n$  <sup>1</sup>, так называемое  $C$ -состояние. Существование этой структуры подтверждают также результаты исследования канала  $\varphi\pi^-$  в инклюзивной реакции <sup>2</sup>. Последние исследования дают для  $C$ -состояния <sup>3</sup> при  $q_L = 32,5$  ГэВ/с

$$M(C) = 1490 \pm 25 \text{ МэВ}, \quad \Gamma(C) = 165 \pm 30 \text{ МэВ}, \quad (1)$$

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

Распад  $C \rightarrow \varphi\pi^0$  идет не за счет механизма, подавленного по правилу Окубо – Цвейга – Изуки, т.е.  $C$ -резонанс сильно связан с каналом  $\varphi\pi^0$  <sup>3</sup>. Изотопический спин  $I = 1$  и сильная связь с каналом  $\varphi\pi^0$  делают  $C$ -резонанс реальным кандидатом на четырехкварковое ( $q^2\bar{q}^2$ ) состояние <sup>3</sup> с символической структурой

$$C \sim s\bar{s}(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}. \quad (2)$$

Цель настоящей статьи предложить эксперимент, решающий вопрос о  $q^2\bar{q}^2$ -природе  $C$ -состояния. Основная идея работы заключается в том, что в каком бы  $q^2\bar{q}^2$ -мультиплете ни находился  $C$ -резонанс, должен существовать вырожденный с ним по массе партнер  $\tilde{C}$  с противоположной  $G$ -четностью ( $I = 0$ ) и с символической кварковой структурой

$$\tilde{C} \sim s\bar{s}(u\bar{u} + d\bar{d})/\sqrt{2}, \quad (3)$$

который должен проявляться как узкий резонанс в спектре масс  $\omega\eta$ -системы.

В  $q^2\bar{q}^2$ -схеме  $C$ -состояние может принадлежать следующим мультиплетам по аромату: 9-плету, 36-плету или линейной комбинации 18-плета и сопряженного ему 18\*-плета с определенной  $G$ -четностью.

Четырехкварковые мезоны в некотором смысле "состоят" из пар "белых" и "цветных" двухкварковых  $q\bar{q}$ -мезонов. Если  $C$ -состояние принадлежит 9-плету или 36-плету, то структура его волновой функции по ароматам имеет вид соответственно:

$$C \sim \alpha \{ \varphi\pi^0 + \rho^0\eta_s \mp 1/\sqrt{2}(\bar{K}\tau_3K^* + \bar{K}^*\tau_3K) \} + \dots \quad (4)$$

$$K = \begin{pmatrix} K^+ \\ K^0 \end{pmatrix}, \quad K^* = \begin{pmatrix} K^{*+} \\ K^{*0} \end{pmatrix}, \quad \tau_3 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

В (4) и далее выписываются только пары белых  $q\bar{q}$ -мезонов, так как они определяют суперразрешенные по Цвейгу каналы распада. В силу самых общих свойств симметрии волновой функции по аромату наряду с  $C$ -состоянием в  $q^2\bar{q}^2$ -системе должно существовать изоскалярное состояние с отрицательной  $G$ -четностью в 9-плете и 36-плете соответственно:

$$\tilde{C} \sim \alpha \{ \pm(\omega\eta_s + \varphi\eta_0) + 1/\sqrt{2}(\bar{K}K^* + \bar{K}^*K) \} + \dots \quad (5)$$

Здесь

$$\eta_s = s\bar{s} = \eta' \cos(\theta_p + \theta_q) - \eta \sin(\theta_p + \theta_q), \quad (6)$$

$$\eta_0 = (u\bar{u} + d\bar{d})/\sqrt{2} = \eta \cos(\theta_q + \theta_p) + \eta' \sin(\theta_q + \theta_p),$$

$\theta_p$  — угол смешивания между 8-й компонентой  $SU(3)_f$ -октета и  $SU(3)_f$ -синглетом псевдоскалярных мезонов,  $\theta_q = 54,7^\circ$ .

Из (4), (5) и (6) можно получить

$$r = \frac{\Gamma(\tilde{C} \rightarrow \omega\eta) + \Gamma(\tilde{C} \rightarrow \bar{K}^*K) + \Gamma(\tilde{C} \rightarrow KK^*)}{\Gamma(C \rightarrow \varphi\pi) + \Gamma(C \rightarrow \rho\eta) + \Gamma(C \rightarrow \bar{K}^*K) + \Gamma(C \rightarrow \bar{K}K^*)} \lesssim 0,65. \quad (7)$$

Величина  $r$  практически не зависит от того  $\theta_p = -18^\circ$  или  $-10^\circ$ . Максимальное значение  $r$  достигается в том случае, когда  $s$ -волна доминирует в продуктах распада,  $r = 0,5$ , когда доминирует  $p$ -волна.

Если  $C$ -состояние является линейной комбинацией 18-плета и сопряженного ему  $18^*$ -плета с положительной  $G$ -четностью, то

$$C \sim \alpha_1(\varphi\pi^0 - \rho^0\eta_8) + \alpha_2\bar{K}^*\tau_3K^* + \dots \quad (8)$$

Второй член в (8) не дает вклада в распад  $C$ -резонанса, так как этот резонанс лежит под порогом канала  $K^*K^*$ . Партнер  $C$ -резонанса —  $\tilde{C}$ -состояние с отрицательной  $G$ -четностью имеет следующую структуру по ароматам

$$\tilde{C} \sim \alpha_1(\varphi\eta_0 - \omega\eta_8) + \alpha_2\bar{K}^*K^* + \dots \quad (9)$$

Из (8), (9) и (6) следует

$$r' = \frac{\Gamma(\tilde{C} \rightarrow \omega\eta)}{\Gamma(C \rightarrow \varphi\pi)} \lesssim \begin{cases} 0,24(\theta_p = -18^\circ), \\ 0,3(\theta_p = -10^\circ). \end{cases} \quad (10)$$

Таким образом, если  $C(1500)$ -резонанс является  $q^2\bar{q}^2$ -состоянием с символической кварковой структурой (2), то в системе  $\omega\eta$  должен быть узкий резонанс ( $\Gamma(\tilde{C}) \lesssim 100$  МэВ, см. (7), (10)) с массой около 1,5 ГэВ, обусловленный  $C$ -четырёхкварковым состоянием с символической кварковой структурой (3). Наблюдение этого резонанса однозначно указывало бы на  $q^2\bar{q}^2$ -природу  $C$ -состояния и означало бы открытие еще одного  $q^2\bar{q}^2$ -резонанса  $\tilde{C}$ . К сожалению, трудно указать, каким должно быть сечение рождения  $\tilde{C}$ -резонанса. Из самых общих (может быть, не очень глубоких) соображений следует ожидать естественным сечение рождения  $\tilde{C}$ -резонанса в реакции  $\pi^+p \rightarrow \omega\eta\pi$  того же порядка, что и сечение рождения  $C$ -резонанса в реакции  $\pi^+p \rightarrow \varphi\pi^0 n$ , т.е. порядка 10 нбн при  $q_L = 32,5$  ГэВ/с, см. (1).

Что можно сказать о других членах  $q^2\bar{q}^2$ -мультиплета (9, 36, 18 и  $18^*$ )? Ответ на этот вопрос всецело зависит от конкретной модели: от расщепления масс в мультиплете от спин-четности  $J^P$  и т.д. Может статься, что другие состояния очень широки и проявляются ни как пики в спектрах масс, а как полюса  $P$ -матрицы <sup>4</sup>.

В принципе, суперразрешенные по Цвейгу распады могут оказаться подавленными по какому-то динамическим причинам ( $\alpha^2 \ll 1$  или  $\alpha_1^2 \ll 1$ ). Тогда распады  $C \rightarrow \varphi\pi^0, \rho\eta(K^*\bar{K}, \bar{K}K^*)$  и  $\tilde{C} \rightarrow \omega\eta(\bar{K}K^*, \bar{K}^*K)$  возникают за счет обесцвечивания пар цветных  $q\bar{q}$ -мезонов в волновых функциях. При этом по-прежнему выполняется соотношение (7) или (10). Однако уже трудно надеяться, что ширины  $C$ - и  $\tilde{C}$ -резонансов определяются только перечисленными квадвухчастичными распадами. В этом случае следует ожидать  $\Gamma(\tilde{C}) \approx \Gamma(C)$ .

Отметим еще, что канал  $\omega\eta$  очень удобен для идентификации на установке "Лептон-Ф".

Я признателен С.С.Герштейну, В.П.Кубаровскому, Л.Г.Ландсбергу, В.Ф.Образцову и Ю.Д.Прокошкину за обсуждения, которые стимулировали написание этой работы.

## Литература

1. Битюков С.И. и др. ЯФ, 1983, 38, 1205.
2. Антипов Ю.М., Беззубов В.А., Буданов Н.П. и др. Письма в ЖЭТФ, 1983, 38, 356.
3. Битюков С.И., Викторов В.А., Вишневский Н.К. и др. Письма в ЖЭТФ, 1985, 42, 310.
4. Jaffe R.L., Low F.E. Phys. Rev., 1979, D19, 2105.

Институт математики  
Академии наук СССР  
Сибирское отделение

Поступила в редакцию  
28 марта 1986 г.

---