

К ВОПРОСУ О КВАРКОВОМ СОДЕРЖАНИИ δ (980)-МЕЗОНА

М. Динейхан, Г. В. Ефимов

В рамках нелокальной модели кварков вычислена ширина распада $\eta' \rightarrow \eta \pi \pi$, проходящего через промежуточный δ (980)-мезон ($\eta' \rightarrow \delta \pi \rightarrow \pi \pi \pi$), в предположениях, что δ -мезон является двухкварковой и четырехкварковой системой. Результат, полученный в двухкварковом случае, согласуется с экспериментальными данными, а значение ширины распада в четырехкварковом случае превосходит экспериментальное примерно в 50 раз.

Нулет скалярных мезонов $S(J^P = 0^+)$ является одной из горячих точек адронной спектроскопии. В последнее время на основе модели кварковых мешков скалярные мезоны $S(J^P = 0^+)$ с массами в области 1 МэВ рассматривались как четырехкварковые системы¹. Авторы работы² утверждают, что сильная связь δ (980)-мезона с $K\bar{K}$, $\pi\eta$ каналами, свидетельствует в пользу четырехкварковой структуры этой частицы, поскольку полная ширина распада δ -мезона, как считают авторы², не $\Gamma_\delta = 52 \pm 8$ МэВ³, а $\Gamma_\delta = 280$ МэВ. Однако до сих пор окончательный вывод еще не сделан.

Одной из проверок, какая структура δ -мезона — двух- или четырехкварковая — более предпочтительна, является рассмотрение распада

$$\eta' \rightarrow \eta\pi\pi, \quad (1)$$

поскольку η' -мезон может распадаться через канал с δ -резонансом, т. е. $\eta' \rightarrow \eta\delta \rightarrow \eta\pi\pi$. Ширина распада (1) экспериментально³ установлена более или менее точно:

$$\Gamma_{\text{экс}}(\eta' \rightarrow \eta\pi\pi) = (184 \pm 65) \text{ КэВ}. \quad (2)$$

Поэтому рассмотрение распада (1) с точки зрения двух- и четырехкваркового содержания δ -мезона представляет большой интерес.

В данной работе мы рассматриваем распад $\eta' \rightarrow \eta\pi\pi$ в рамках нелокальной модели кварков (НМК)⁴, представляющей собой самосогласованную релятивистскую схему квантово-полевого мешка. В этой модели при наличии всего лишь двух параметров, характеризующих кварковое поле, удалось описать⁴ широкий круг распадов адронов.

1. Рассмотрим предположение, когда δ (980)-мезон является двухкварковой системой. Данный распад должен быть рассмотрен с учетом киральной инвариантности, поскольку в процессе участвуют четыре адрона. В НМК киральная инвариантность была введена при помощи гипотетических σ -частиц⁵ и в ее рамках были описаны длины волн $\pi\pi$ - и $K\pi$ -рассеяния и параметры наклона в распаде $K \rightarrow 3\pi$. Диаграммы распада $\eta' \rightarrow \eta\pi\pi$ в этом случае изображены на рис. 1.

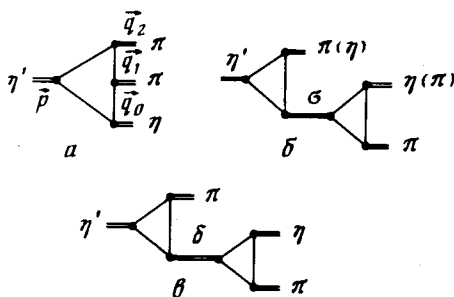


Рис. 1

В силу киральной инвариантности⁵ диаграммы (а) и (б) на рис. 1 взаимно сокращаются, и инвариантная амплитуда определяется только диаграммой (в) на рис. 1. Она имеет вид

$$M_{\text{inv}}(\eta' \rightarrow \eta\pi\pi) = g_{\eta'\pi\delta} \frac{1}{m_\delta^2 - (q_0 + q_2)} g_{\eta\delta\pi} + (q_2 \leftrightarrow q_1). \quad (3)$$

Здесь $g_{\eta'\pi\delta}$, $g_{\eta\delta\pi}$ — структурные факторы соответствующих кварковых блоков вычисляются в НМК стандартным образом и записываются в следующем виде:

$$g_{\eta'\pi\delta} = g_0 \cos(\theta_\Sigma - \theta_\eta),$$

$$g_{\eta\delta\pi} = g_0 \sin(\theta_\Sigma - \theta_\eta),$$

где

$$g_0 = \frac{\sqrt{2}}{3} h_p \sqrt{h_\delta} 256 \frac{\pi}{L} V_5(\xi),$$

$\sin \theta_\Sigma = 1/\sqrt{3}$, θ_Σ — угол идеального смешивания, $\theta_\eta = -18^\circ$ — угол смешивания η - η' -мезонов, $h_p = 0,13$, $h_\delta = 0,12$ — эффективные константы псевдоскалярных и скалярных мезонов соответственно⁶. $V_5(\xi)$ — инвариантный интеграл, вычисляется стандартным образом⁵, $V_5(1,4) = 0,45$.

2. В работе ⁷ построена диаграмма Далинца распада $\eta' \rightarrow \eta\pi\pi$ в переменных

$$\kappa = \frac{T_+ - T_-}{Q} \left(\frac{m_{\eta'} + 2m_\pi}{m_\eta} \right)^{1/2}, \quad \phi = \frac{T_+}{Q} \frac{m_\eta + 2m_\pi}{m_\pi} - 1.$$

Экспериментальные данные не указывают на существование какого-либо резонансного состояния. В нашем случае инвариантный матричный элемент определяется формулой (3) и далинцевское распределение имеет вид

$$\frac{\partial \Gamma(\eta' \rightarrow \eta\pi\pi)}{\partial \kappa \partial \phi} = \text{const} \left[\frac{1 - 0,053\phi}{(1 - 0,053\phi)^2 - 0,06\kappa^2} \right]^2$$

Легко видеть, что в области изменения параметров $0 \leq \kappa \leq 1$ и $-1 \leq \phi \leq 1,1$ отклонение от равномерного распределения незначительно.

3. Диаграмма распада $\eta' \rightarrow \eta\pi\pi$, в случае, когда δ (980)-мезон является четырехкварковой системой, изображена на рис. 2.

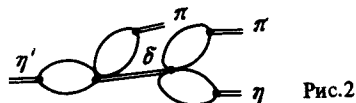


Рис.2

Соответствующие структурные факторы $g_{\eta'\pi\delta}$, $g_{\eta\delta\pi}$ вычислены в работе ⁶. Их численные значения приведены в таблице.

Ширина распада $\eta' \rightarrow \eta\pi\pi$ вычисляется по формуле ¹⁾:

$$\Gamma(\eta' \rightarrow \eta\pi\pi) = g_{\delta\eta'\pi}^2 g_{\eta\delta\pi}^2 (7,5 \cdot 10^{-5} \text{ ГэВ}^{-3}). \quad (4)$$

Полученные результаты приведены в таблице.

	НМК		Ачасов ²	Врамон ⁸	эксп. ³
	$(q\bar{q})$	$(q^2\bar{q}^2)$			
$g_{\delta\eta'\pi}^2$ (ГэВ ²)	2,19	12,9	11,14	$2,14 \pm 0,33$	—
$g_{\eta\delta\pi}^2$ (ГэВ ²)	3,84	22,6	22,28	$3,9 \pm 0,6$	$0,184 \pm 0,065$
Γ (МэВ)	0,628	22	18,6	$0,628 \pm 0,15$	

4. В таблице также приведены результаты работы ⁸, в которой $g_{\delta\eta'\pi}$, $g_{\eta\delta\pi}$ — структурные константы определены феноменологическим образом. В работе ², которая свидетельствует в пользу четырехкварковой структуры δ -мезона структурные константы определены следующим образом: $g_{\delta\pi\eta} = g_{\delta KK} / \sqrt{3}$ и

$$g_{\delta\pi\eta} = -\sqrt{\frac{2}{3}} g_{\delta KK}, \quad \text{где } \frac{g_{\delta KK}^2}{4\pi} = 2,66 \text{ ГэВ}^2.$$

Величина ширины распада $\eta' \rightarrow \eta\pi\pi$ с этими значениями константы также приведены в таблице во втором столбце. Из таблицы видно, что, если экспериментальные данные для ширины распада $\eta' \rightarrow \eta\pi\pi$ верно, тогда δ (980)-мезон, по-видимому, является двухкварковой системой.

¹⁾ В работе ⁸ в формуле (5) допущена ошибка в вычислении фазового объема.

В работе ² сделано замечание, что учет массового оператора в пропагаторе δ -мезона может уменьшить величину матричного элемента (3) примерно в $1,5 \div 2$ раза. Это означает, что ширина $\Gamma(\eta' \rightarrow \eta\pi\pi)$ уменьшится примерно в $3 \div 4$ раза. Тогда полученная нами ширина распада $\Gamma(\eta' \rightarrow \eta\pi\pi)$ в двухкварковом случае будет практически точно совпадать с экспериментальным значением $0,184 \pm 0,065$ МэВ. Это говорит в пользу двухкваркового содержания δ -мезона.

Авторы выражают благодарность М.А.Иванову, С.Б.Герасимову, А.Б.Говоркову за полезные обсуждения.

Литература

1. *Jaffe R.J.* Phys. Rev., 1977, D15, 267.
2. *Ачасов Н.Н. и др.* ЯФ, 1980, 32, 1098; Phys. Lett., 1980, 96B, 168.
3. Review of particle properties. CERN, 1980.
4. *Ефимов Г.В., Иванов М.А.* ЭЧАЯ, 1981, 12, 1220; *Ефимов Г.В., Иванов М.А., Мурадов Р.Х., Соломонович М.М.* Письма в ЖЭТФ, 1981, 34, 230; *Динейхан М., Ефимов Г.В., Иванов М.А.* Письма в ЖЭТФ, 1981, 33, 66.
5. *Динейхан М., Ефимов Г.В., Иванов М.А.* ОИЯИ P2-80-604, Дубна, 1980.
6. *Динейхан М., Ефимов Г.В., Иванов М.А.* ОИЯИ P2-81-131, Дубна, 1981.
7. *London G.N. et al.* Phys. Rev., 1966, 143, 1034.
8. *Bramon A., Masse E.* Phys. Lett., 1980, 93B, 65; Preprint VAB-FT-79, 1981, Barcelona.

Объединенный
институт ядерных исследований

Поступила в редакцию
28 января 1982 г.