

СМЕШИВАНИЕ РАДИАЛЬНЫХ ВОЗБУЖДЕНИЙ ПСЕВДОСКАЛЯРНЫХ ИЗОСИНГЛЕТОВ И ВОЗМОЖНАЯ ПРИРОДА $\eta(1275)$ И $\iota(1440)$

В.П. Ефросинин, Д.А. Заикин

Исследуется смешивание радиальных возбуждений псевдоскалярных изосинглетов с $n = 2$. Получены указания об идеальном характере их смешивания в отличие от смешивания в основном состоянии.

В /1/ был проведен анализ смешивания O^- -изосинглетных мезонов в нерелятивистской потенциальной модели составляющих кварков /2/, а также в модели с эффективным киральным лагранжианом для мезонных полей. Было показано, что в этом случае имеет место сильное смешивание с глоболом $G = |qq\rangle_0^-$, так что

$$\begin{aligned}\eta \approx \eta_8 &= \frac{1}{\sqrt{6}} (\bar{u}u + \bar{d}d - 2\bar{s}s), \\ \eta' \approx \eta'_0 &= \frac{1}{\sqrt{12}} (\bar{u}u + \bar{d}d + \bar{s}s - 3gg),\end{aligned}\tag{1}$$

а также должно существовать третье изосинглетное O^- -состояние

$$\eta'' \approx \eta''_0 = \frac{1}{2} (\bar{u}u + \bar{d}d + \bar{s}s + gg)$$

с массой $\cong 2,3$ ГэВ. Это согласуется с результатом /3/, полученным с использованием правил сумм КХД и устанавливающим для физического глюкония O^{++} (с массой выше массы η' -мезона) интервал масс $2,3 \pm 0,3$ ГэВ. В пользу результатов /1/ свидетельствует также исследование /4/ распадов J/ψ на векторные мезоны и псевдоскалярные мезоны, приводящее к выводу о существенном вкладе глобальной компоненты в волновую функцию η' -мезона.

При исследовании возможности одновременного описания легких и тяжелых мезонов /5/ в рамках потенциальной модели было получено указание на неслучайный характер равенства интервалов между нижними уровнями ψ - и Y -кваркониев и на плодотворность предположения о том, что примерное равенство интервалов имеет место и для легких мезонов, если из основного состояния вычесть спин-спиновое расщепление. При этом следует иметь в виду, что у радиальных возбуждений легких мезонов спин-спиновое расщепление существенно подавлено.

Таким образом, если характер смешивания (1) сохраняется и для радиальных ($n = 2$)-возбуждений, то с учетом результатов /5/ $\iota(1440)$ -мезон мог бы быть первым радиальным возбуждением η -мезона. При этом, однако, остается неопределенной ситуация с другим возможным кандидатом на такое состояние — $\eta(1275)$, распадающимся на $\eta\pi^+\pi^-$, открытым в /6/ в реакции $\pi^-\pi^+$ и подтвержденным недавно в /7/. Если $\eta(1275)$ в самом деле представляет собой первое радиальное возбуждение η -мезона, то, имея в виду, что первое радиальное возбуждение пиона $\pi'(1240)$ /8/ близко по массе к $\eta(1275)$, можно сделать вывод, что $\eta(1275)$ в основном состоит из нестранных кварков. Таким образом, в этом случае смешивание псевдоскалярных изосинглетов с $n = 2$ будет существенно отличаться от их смешивания в основном состоянии (1), а именно, смешивание для $n = 2$ будет близко к идеальному. Следовательно, должно существовать $|\bar{s}s\rangle_0^-$ -состояние с $n = 2$, масса которого (в соответствии с оценками в модели /1/) близка к 1,7 ГэВ.

В этой связи упомянем, что в распадах $J/\psi \rightarrow \eta\eta\pi^+\pi^-$ и $J/\psi \rightarrow \eta\eta\pi^0\pi^0$ наблюдалось /9/ увеличение сечения в довольно широком интервале эффективных масс $\eta\eta\pi$ (около 1,7 ГэВ), которое может соответст-

водить одному или нескольким резонансам. В то же время оценка массы несмешанного глобального состояния с $n = 2$ в рамках подходов /1,5/ показывает, что этим состоянием мог бы быть ι -мезон. При такой интерпретации становится понятной, например, относительно большая вероятность распада $J/\psi \rightarrow \iota \gamma$ и подавленность $J/\psi \rightarrow \eta(1275) \gamma$.

Исходя из приведенных выше соображений, решение задачи о смешивании псевдоскалярных изосинглетов с $n = 2$ в рамках метода, использованного в /1/, сводится к диагонализации массовой матрицы

$$\begin{pmatrix} M_N + 2a & \sqrt{2}a & \sqrt{2}ka \\ \sqrt{2}a & M_S + a & ka \\ \sqrt{2}ka & ka & M_G \end{pmatrix} \quad (2)$$

в базисе

$$N = \frac{1}{\sqrt{2}} |\bar{u}u + \bar{d}d\rangle, \quad S = |\bar{s}s\rangle, \quad G = |gg\rangle,$$

где

$$a = \langle \bar{q}q | H_{an} | \bar{q}q \rangle, \quad ka = \langle \bar{q}q | H_{an} | gg \rangle,$$

H_{an} — SU(3)-симметричная аннигиляционная часть гамильтониана. В соответствии с результатами /5/ можно принять $M_N = 1,24$ ГэВ, $M_S = 1,68$ ГэВ (первые радиальные возбуждения пиона и ϕ -мезона соответственно). Имея в виду, что в результате диагонализации матрицы (2) мы должны получить экспериментальные значения масс $\eta(1275)$ и $\iota(1440)$ для фиксированного значения k , как и в /1/, имеем три неизвестных параметра: a , M_G и массу ($n = 2$)-изоскаляра ζ . Численные расчеты показывают, что результаты диагонализации слабо зависят от значения k . Например, для $k = 1/2$ (/1/) получаем:

$$M_\zeta = 1,700 \text{ ГэВ}, \quad a = 0,019 \text{ ГэВ}, \quad M_G \cong 1,44 \text{ ГэВ},$$

$$\eta(1275) = 0,995N - 0,061S - 0,077G,$$

$$\zeta(1700) = 0,064N + 0,997S + 0,039G,$$

$$\iota(1440) = 0,074N - 0,044S + 0,996G.$$

Таким образом, в предположении существования $\eta(1275)$ смешивание радиальных возбужденных состояний псевдоскалярных изосинглетов существенно отличается от смешивания их основных состояний, являясь, подобно смешиванию векторных ω - и ϕ -мезонов, близким к идеальному.

Аналогичное рассмотрение $\omega\phi$ -смешивания (основные состояния) показывает, что здесь аннигиляционный вклад в массы ω и ϕ еще меньше, чем для ($n = 2$)-изосинглетов. Это обстоятельство не является удивительным вследствие трехглюонного механизма аннигиляции для векторных мезонов. Сравнение с экспериментальными данными по векторным мезонам свидетельствует о том, что трехглюонного состояния, по-видимому, не существует. Тогда задача сводится к диагонализации матрицы

$$\begin{pmatrix} M_N + 2a & \sqrt{2}a \\ \sqrt{2}a & M_S + a \end{pmatrix}, \quad (3)$$

в которой $M_N = M_{\rho_0} = 0,769$ ГэВ (масса нейтрального ρ -мезона). В результате получаем $a = 0,007$ ГэВ, $M_S = 1,012$ ГэВ, $\delta = 2,4^\circ$. Отметим, что из линейной и квадратичной массовых формул Гелл-Манна – Окубо следуют значения угла смешивания δ , равные соответственно $0,6 \pm 0,5^\circ$ и $3,3 \pm 0,4^\circ$. Расчет M_S в модели /2/ дает значение 1,038 ГэВ, близкое к результату диагонализации матрицы (3).

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют в пользу интерпретации первых радиальных возбуждений псевдоскалярных изосинглетов, согласно которой $\eta(1275)$ является ($n = 2$)-состоянием комбинации нестранных кварков $(\bar{u}u + \bar{d}d)/\sqrt{2}$ с незначительными примесями $\bar{s}s$ и gg , тогда как $\iota(1440)$ представляет собой практически полностью двухглюонное состояние с $n = 2$. Третьим изосинглетным состоянием с $n = 2$ является $\zeta(1700)$ -мезон, состоящий из пары странных кварка и антикварка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефросинин В. П., Заикин Д. А. ЯФ, 40, 250 (1984), 1266 (1984); Efrosinin V. P., Zaikin D. A. Z. Phys., C28, 211 (1985).
2. Ефросинин В. П., Заикин Д. А. ЯФ, 37, 1532 (1983).
3. Novikov V. A. et al. Nucl. Phys., B191, 309 (1981).
4. Baltrusaitis R. M. et al. Phys. Rev., D32, 2883 (1985).
5. Ефросинин В. П. Краткие сообщения по физике ФИАН № 4, 3 (1986).
6. Stanton N. et al. Phys. Rev. Lett., 42, 346 (1979).
7. Ando A. et al. Preprint KEK 85 – 15, 1985.
8. Bellini G. et al. Phys. Rev. Lett., 48, 1697 (1982).
9. Bloom E. D. Proc. of the 21 Intern. Conference on High Energy Physics. Ed. P. Petiau, M. Porneuf, Paris, 1982, p. 407.

Поступила в редакцию 24 апреля 1984 г.