

О ВОЗМОЖНОМ ЧЕТЫРЕХКВАРКОВОМ ИЗОВЕКТОРНОМ РЕЗОНАНСЕ В СЕМЕЙСТВЕ Υ -ЧАСТИЦ

М.Б. Волошин

На основании данных о спектре пионов в распаде $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi^+ \pi^-$ делается предположение о существовании изовекторного резонанса с массой, близкой к массе Υ'' .

Появившиеся недавно данные группы CLEO¹ о спектре пионов в распаде $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi^+ \pi^-$ указывают на то, что распределение по инвариантной массе m системы $\pi\pi$ в этом распаде является более равномерным, чем аналогичные распределения в распадах $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi\pi$ и $\psi' \rightarrow \psi \pi\pi$, в которых значительно усилены большие значения m . Именно если параметризовать амплитуду распада Υ'' СЦИ выражением

$$A (q_{\mu}^{(1)} q_{\mu}^{(2)}) + B q_0^{(1)} q_0^{(2)} \quad (1)$$

($q_{\mu}^{(1)}, q_{\mu}^{(2)}$ – 4-импульсы пионов), то согласно данным¹ в распаде $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi^+ \pi^-$ формфактор A относительно мал: $A/B = 0,12 \pm 0,15$, тогда как известно, что в распадах $\Upsilon' \rightarrow \Upsilon \pi\pi$ и $\psi' \rightarrow \psi \pi\pi$ ситуация прямо противоположная: $A \gg B$.

Первоначально для объяснения вида (1) амплитуды распада $\psi' \rightarrow \psi \pi\pi$ использовалась² гипотеза РСАС. В рамках КХД обсуждаемые распады рассматривались³ как происходящие за счет испускания тяжелым кварконием мягких глюонов с последующим их превращением в π -мезоны. При этом данное превращение определяется^{4,5} треугольной аномалией в следе тензора энергии-импульса и, как следует из анализа работ^{4,5}, в рамках мультитиполь-

ного разложения ³ для процесса испускания глюонов тяжелым кварконием в обсуждаемых распадах должно доминировать первое слагаемое выражения (1).

Для применимости подхода, предложенного в ³ и использовавшегося, в частности, в ^{4,5} существенным является предположение, что амплитуда распада не имеет особенностей вблизи физической области распада. Поэтому основываясь на данных ¹ о спектре в распаде $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi^+ \pi^-$, которые очевидным образом противоречат выводам работ ^{4,5}, следует предположить, что в данном случае указанное предположение не выполняется и имеется особенность амплитуды по инвариантной массе ($\Upsilon \pi$). (Возможность влияния особенности по инвариантной массе ($\pi\pi$) легко исключить, заметив, что спектр по m в распаде $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi^+ \pi^-$ отличается от спектров в распадах $\Upsilon' \rightarrow \Upsilon \pi \pi$ и $\psi' \rightarrow \psi \pi \pi$ при одних и тех же значениях m). Другими словами, следует предположить, что существует резонансное состояние Υ_1 , имеющее изоспин $T=1$ и положительную G -четность с массой, близкой к массе Υ'' , которое является доминирующим промежуточным состоянием в распаде $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi \pi$. При этом распад происходит в два этапа:

$$\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon_1 \pi \rightarrow \Upsilon \pi \pi, \quad (2)$$

а обычный глюонный механизм дает пренебрежимо малый вклад в амплитуду.

Вероятно, можно исключить значения массы Υ_1 меньше, чем $M(\Upsilon'') - \mu$ (μ — масса π -мезона), т.е. возможность реального распада $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon_1 \pi$, так как в этом случае трудно было бы объяснить весьма малую ширину распада $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi \pi$, а π -мезоны в распаде были бы практически монохроматическими, что было бы заметно на опыте. Заметим также дополнительно, что если бы масса Υ_1 была близка к массе Υ' или меньше $M(\Upsilon')$, то вклад этого состояния мог бы также исказить спектр распада $\Upsilon' \rightarrow \Upsilon \pi \pi$.

Для того, чтобы найти вид амплитуды распада, идущего за счет процесса (2) с состоянием Υ_1 вне массовой поверхности, следует заметить, что согласно PCAC амплитуды распадов $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi \pi$ и $\Upsilon_1 \rightarrow \Upsilon \pi$ пропорциональны энергии пиона, если эти распады S -волновые, либо импульсу пиона в случае P -волновых распадов. В первом случае квадрат амплитуды распада $\Upsilon'' \rightarrow \Upsilon \pi \pi$ должен иметь вид

$$|C|^2 \left[\frac{(q_0^{(1)} q_0^{(2)})^2}{(q_0^{(1)} - W)^2 + \Gamma^2/4} + (q^{(1)} \cong q^{(2)}) \right],$$

где Γ — полная ширина Υ_1 и $W \cong M(\Upsilon'') - M(\Upsilon_1)$, а во втором случае квадрат амплитуды пропорционален выражению

$$\frac{[(q_0^{(1)})^2 - \mu^2][(q_0^{(2)})^2 - \mu^2]}{(q_0^{(1)} - W)^2 + \Gamma^2/4} + (q^{(1)} \cong q^{(2)}).$$

Нетрудно убедиться, что описываемые этими выражениями спектры по m при значениях W не слишком близких к μ , например, при $W \lesssim 100$ МэВ, на уровне точности экспериментальных данных не отличаются друг от друга и от спектра описываемого амплитудой, имеющей вид второго слагаемого в формуле (1). Однако, с увеличением точности наличие резонанса Υ_1 можно будет обнаружить или исключить путем изучения распределения пионов по энергии.

Возможен также поиск предполагаемого резонанса Υ_1 в распаде резонанса $\Upsilon'' : \Upsilon''' \rightarrow \Upsilon_1 \pi$. Сигнатурой этого распада является, очевидно, наличие монохроматического пиона. Оценка ширины данного распада весьма неопределенна. Если для ориентировки предположить, что $\Upsilon, \Upsilon'', \Upsilon'''$ резонансы имеют одинаковую связь с каналом $\Upsilon_1 \pi$, и что $M(\Upsilon_1) \cong M(\Upsilon'')$, то для ширины распада $\Upsilon''' \rightarrow \Upsilon_1 \pi$ можно ожидать значений порядка 0,1 МэВ.

Обнаружение изовекторного, в частности, заряженного резонанса в T -семействе означало бы наблюдение несомненно четырехкваркового состояния (b, \bar{b}, q, \bar{q}) , состоящего из тяжелых и легких кварков. В литературе время от времени обсуждаются четырехкварковые мезоны как состояние только из легких кварков, так и состоящие из тяжелых и легких кварков (см. например, ^{6,7}). Однако все известные до сих пор из опыта „кандидаты” в такие состояния допускают также и стандартную интерпретацию как состояния типа кварк-антикварк. В случае же предполагаемого T_1 резонанса стандартную интерпретацию можно исключить. Заметим в заключение, что весьма вероятно может быть рождение T_1 в адронных столкновениях ¹⁾, хотя привести оценку сечения без знания структуры этого состояния в настоящее время практически невозможно.

Литература

1. *CLEO group, Green J. et al.* Phys. Rev. Lett., 1982, 49, 617.
2. *Волошин М.Б.* Письма в ЖЭТФ, 1975, 21, 733 ; *Brown L.S., Cahn R.N.* Phys. Rev. Lett., 1975, 35, 1.
3. *Gottfried K.* Phys. Rev. Lett., 1978, 40, 538.
4. *Voloshin M., Zakharov V.* Phys. Rev. Lett., 1980, 45, 688.
5. *Novikov V.A., Shifman M.A.* Z. Phys. C, 1981, 8, 43.
6. *Jaffe R.L.*, Phys. Rev., 1977, D15, 267, 281.
7. *Волошин М.Б., Окунь Л.Б.* Письма в ЖЭТФ, 1976, 23, 369.

Институт теоретической и экспериментальной физики

Поступила в редакцию
15 ноября 1982 г.