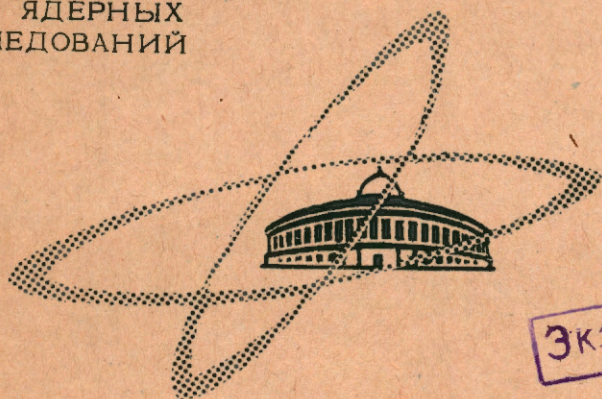


1957

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

Р - 1951



ЭКЗ. ЧИТ ЗАПА

В.Г. Гришин

О ВОЗМОЖНОМ СУЩЕСТВОВАНИИ
НОВЫХ БОЗОННЫХ РЕЗОНАНСОВ,
РАСПАДАЮЩИХСЯ С УЧАСТИЕМ γ -КВАНТОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

1965

P - 1051

В.Г. Гришин

О ВОЗМОЖНОМ СУЩЕСТВОВАНИИ
НОВЫХ БОЗОННЫХ РЕЗОНАНСОВ,
РАСПАДАЮЩИХСЯ С УЧАСТИЕМ γ -КВАНТОВ

Направлено в журнал "Ядерная физика"

ОИ И
БИБЛИОТ КА

§ 1. Введение

В настоящее время в основном изучены возможные бозонные резонансы, распадающиеся по сильному взаимодействию на π - и K - мезоны в интервале масс от $2m_\pi$ до 1-1,5 Гэв. В результате этих исследований было открыто около 15 новых короткоживущих частиц (ω -, ρ -, K^* -, S - мезоны и др.). Однако вопрос о существовании новых резонансов, распадающихся только по электромагнитному взаимодействию с участием γ - квантов, фактически еще не изучался (распад таких резонансов по сильному взаимодействию может быть запрещен законами сохранения)^{x/}.

Это обстоятельство было связано с методическими трудностями регистрации γ - квантов. Сейчас создание больших пузырьковых камер, наполненных тяжелыми жидкостями, использование искровых камер и черенковских счетчиков полного поглощения позволяет решить этот вопрос.

В связи с этим представляет интерес рассмотреть области масс гипотетических мезонов (назовем их L - мезонами), когда их распад по сильному взаимодействию был бы запрещен законами сохранения странности (S), изотопического спина (I), обычного спина (J), G - четности, C - четности или пространственной четности (P). В работе^{/1/} было проведено такое рассмотрение для L - мезонов с $I = S = 0$. В этой статье будут рассмотрены L - мезоны с $I = 1$, $S = 0$, $J \leq 1$ и с $I = \frac{1}{2}$, $S = \pm 1$, $J \leq 1$.

§ 2. Мезоны с $I = 1$ и $S = 0$

1) $m_L < m_\pi$

Если $m_L < m_\pi$, то в этом случае были бы возможны распады π^\pm - мезонов по каналам:

$$\pi^\pm \rightarrow L^\pm + \gamma \quad (J_L = 1), \quad (1)$$

$$\pi^\pm \rightarrow L^\pm + \gamma + \gamma \quad (J_L = 0, 1) \quad (2)$$

и время жизни π^\pm - мезонов было бы значительно меньше ($\tau = 10^{-16} \div 10^{-20}$ сек),

^{x/} Возможен и такой случай, когда распад резонанса по электромагнитному каналу может происходить и без излучения γ - кванта. Тогда он может быть обнаружен при изучении спектра эффективных масс различных комбинаций π^\pm - и K - мезонов (например, $\eta \rightarrow 3\pi$).

чем экспериментально измеренное ($\tau_{\pi^\pm} \approx 2,5 \cdot 10^{-8}$ сек). Кроме того, экспериментальные поиски заряженных частиц с массой меньше, чем масса μ -мезона, дали отрицательный результат^{1/2}. Таким образом, нет оснований считать, что возможно существование L -мезонов с $m_L < m_\pi$.

$$2) \quad m_\pi < m_L < 2m_\pi$$

Если L -мезоны имеют массу в интервале от m_π до $2m_\pi$, то их основными распадами будут:

$$L^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} + \gamma \quad (J_L = 1), \quad (3)$$

$$L^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} + \gamma + \gamma \quad (J_L = 0, 1), \quad (4)$$

$$L^0 \rightarrow \gamma + \gamma \quad (J_L = 0), \quad (5)$$

$$L^0 \rightarrow \gamma + \gamma + \gamma \quad (J_L = 0, 1), \quad (6)$$

$$L^0 \rightarrow \pi^0 + \gamma \quad (J_L = 1). \quad (7)$$

Как видно из (3-7), L -мезоны будут распадаться обязательно с участием одного или нескольких γ -квантов.

Рассмотрим экспериментальные данные, которые могли бы противоречить существованию L -мезонов в этом интервале масс. Как было сказано выше, прямых опытных данных нет, имеются только некоторые косвенные указания. Например, большое время жизни ($10^{-17} - 10^{-18}$ сек) η -мезона ($I = 0$, $J^{PG} = 0^{-+}$) объясняется тем, что он распадается электромагнитно. Более быстрыми могли бы быть сильные распады типа

$$\eta \rightarrow \pi^{\pm} + L^{\mp}, \quad (8)$$

если $J^{PG} = 0^{+-}$ или 1^{--} . Для всех других наборов квантовых чисел L -мезонов (их остается 6) распад (8) запрещен по сильному взаимодействию законами сохранения (см. также работу^{1/1}). Однако все эти указания не имеют силы, если взаимодействие L -мезонов с нуклонами значительно слабее π - N взаимодействия, что имеет место для всех резонансов.

Таким образом, в этом интервале масс L -мезоны могут существовать, и искать их следует по распадам типа (3-7).

$$3) \quad m_\pi < m_L < 3m_\pi$$

В этом случае только для комбинации $J^{PG} = 1^{-+}$ разрешен распад L -мезонов по сильному взаимодействию:

$$L^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} + \pi^0, \quad (9)$$

а для всех остальных наборов квантовых чисел L -мезонов (7 комбинаций J^{PG} для $J \leq 1$) распад будет идти по электромагнитному каналу.

Заряженные L -мезоны будут иметь основные распады типа (3), (4) и

$$L^{\pm} \rightarrow \pi^{\pm} + \pi^0 + \gamma, \quad (10)$$

нейтральные мезоны будут распадаться по каналам (5-7) и

$$L^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- + \gamma, \quad (11)$$

$$L^0 \rightarrow \pi^0 + \pi^0 + \gamma, \quad (12)$$

$$L^0 \rightarrow \pi^0 + \gamma + \gamma. \quad (13)$$

Итак, и в этом интервале масс L -мезоны распадаются с участием γ -квантов (за исключением $J^{PG} = 1^{-+}$).

$$4) \quad m_\pi < m_L < 4m_\pi$$

В таблицах 1 и 2 приведены возможные распады L -мезонов, если их масса меньше чем $4m_\pi$.

Т а б л и ц а 1
Распады заряженных L -мезонов с $I = 1^{x/}$

Квантовые числа L^{\pm} мезонов J^{PG}	С х е м ы р а с п а д а				
	$\pi^{\pm}\pi^0$	$\pi^{\pm}\pi^0\pi^0$	$\pi^{\pm}\gamma$	$\pi^{\pm}\pi^0\gamma$ $\pi^{\pm}\pi^+\pi^-\gamma$	$\pi^{\pm}\gamma\gamma$
0^{++}	I	P	J	разрешен	разрешен
0^{+-}	1_1^G	P	J	- " -	- " -
0^{+0}	P	G	J	- " -	- " -
0^{--}	P	разре- шен	J	- " -	- " -
1^{-+}	разре- шен	G	разре- шен	- " -	- " -
1^{--}	G	разре- шен	- " -	- " -	- " -
1^{++}	P	G	- " -	- " -	- " -
1^{+-}	P	разре- шен	- " -	- " -	- " -

x/ Значки I, J, P, G обозначают законы сохранения, по которым данный распад запрещен.

Т а б л и ц а 2

Распады нейтральных L -мезонов с I = 1

Квантовые числа L -мезонов: J ^{PG} , C	С х е м ы р а с п а д а							
	$\pi^+ \pi^-$	$\pi^0 \pi^0$	$\pi^+ \pi^- \pi^0$	$\pi^0 \pi^0 \pi^0$	$\pi^+ \pi^- \gamma$ $\pi^+ \pi^- \pi^0 \gamma$	$\pi^0 \pi^0 \gamma$	$\pi^0 \gamma$	$\gamma \gamma$
0 ⁺⁺ (-)	C	C	P	P	разре- шен	разре- шен	J	разрешен
0 ⁺⁻ (+)	G	G	P	P	- " -	C	J	- " -
0 ⁻⁺ (-)	P	P	G	C	разрешен	разре- шен	J	- " -
0 ⁻⁻ (+)	P	P	разре- шен	разре- шен	- " -	C	J	- " -
1 ⁻⁺ (-)	разре- шен	J	G	C	- " -	разре- шен	разре- шен	J
1 ⁻⁻ (+)	C	J	разре- шен	разре- шен	- " -	C	C	J
1 ⁺⁻ (-)	P	J	G	C	- " -	разре- шен	разре- шен	J
1 ^{+ -} (+)	P	J	разре- шен	разре- шен	- " -	C	C	J

Как видно из этих таблиц, только для четырех комбинаций J^{PG} (0⁻⁻, 1⁻⁺, 1⁻⁻, 1⁺⁻) из восьми разрешены распады по сильному взаимодействию, остальные L -мезоны будут распадаться по электромагнитному взаимодействию с участием γ -квантов.

Наконец, в области $m_\pi < m_L < 5m_\pi$ остается только одна возможность (J^{PG} = 0⁺⁻), когда L -мезоны будут распадаться по электромагнитному каналу.

5) Таким образом, анализ возможных распадов L -мезонов с I = 1, S = 0 и J ≤ 1 показывает, что в интервале масс от m_π (140 Мэв) до 4m_π (560 Мэв) эти распады будут происходить в основном за счет электромагнитных взаимодействий с участием γ -квантов. Аналогичная ситуация имеет место и для L -мезонов с I = 0.

В связи с этим представляет интерес экспериментальный поиск новых мезонов либо путем прямого их наблюдения по продуктам распада, либо по спектру недостающих масс, либо по наблюдению их взаимодействия с нуклонами. Более предпочтительным является первый способ, который связан с регистрацией γ -квантов. Отметим, что поиски L -мезонов в π-N взаимодействиях следует проводить при кинетической энергии π -мезонов в интервале от 400 до 1000 Мэв, т.е. недалеко от порога их образования.

Для сравнения можно привести данные, относящиеся к η -мезону, рожденному в π-N соударениях (M_η = 548 Мэв, порог рождения T_π = 550 Мэв).

Для T_π = 600-900 Мэв сечение образования η мезона в реакции

$$\pi^- + p \rightarrow \eta + p \quad (14)$$

составляет величину 2-3 мб. При энергии T_π = 4 Гэв во всех каналах π⁻p реакцией σ_η ≤ 0,2 мб. Подобная ситуация может иметь место и для L -мезонов.

§ 3. Мезоны с I = 1/2 и S = ± 1

В этом разделе мы рассмотрим L -мезоны, обладающие странностью ± 1.

1) m_L < m_K

Если масса L -мезона была бы меньше массы K -мезона, то быстрые распады:

$$\begin{aligned} K^0_+ &\rightarrow L^0_+ + \gamma + \gamma, \\ K^0_+ &\rightarrow L^0_+ + \gamma \end{aligned} \quad (15)$$

означали бы, что время жизни K -мезона должно быть значительно меньше, чем полученное на опыте (τ = 10⁻⁸ ÷ 10⁻¹⁰ сек). Кроме того, L -мезоны распадались бы по слабому взаимодействию и давно были бы найдены при изучении K -мезонов. В связи с этим нет оснований считать, что возможно существование L -мезонов с m_L < m_K.

2. m_K < m_L < m_K + m_π

В этом случае L -мезоны распадаются по каналам:

$$L^0_+ \rightarrow K^0_+ + \gamma \quad (J_L = 1), \quad (16)$$

$$L^0_+ \rightarrow K^0_+ + \gamma + \gamma \quad (J_L = 0,1). \quad (17)$$

3) m_K < m_L < m_K + 2m_π

В этом интервале масс возможны распады L -мезонов по сильному взаимодействию для J^P = 0⁻ и 1⁺ x/:

$$L \rightarrow K + \pi \quad (18)$$

x/ Здесь предполагается, что относительная четность (LK) -мезонов положительна. В случае отрицательной (LK) -четности будут разрешены распады по каналу (18) только для J^P = 0⁺ и 1⁻, в остальной ситуации остается прежней.

Для $J^P = 0^+$ и 1^- распады L -мезонов будут иметь электромагнитный характер с участием γ -квантов: (16), (17) и

$$L \rightarrow K + \pi + \gamma. \quad (18)$$

Если L -мезоны имеют $m_L > m_K + 2m_\pi$, то для всех наборов квантовых чисел разрешены распады по сильному взаимодействию на $K\pi$ или $K\pi\pi$.

Таким образом, новые странные L -мезоны следует искать в интервале масс 500-780 Мэв.

Экспериментальное изучение спектра эффективных масс K -мезонов и γ -квантов в настоящее время еще совсем не проводилось.

Л и т е р а т у р а

1. В.Г. Гришин, Г.И. Копылов. Препринт ОИЯИ, Р-1750, Дубна, 1984; Nuovo Cimento (в печати).
2. D.H.Coward, B.Gittelman, H.L.Lynch and D.M.Ritson, Phys. Rev., 131, 1782 (1963).

Рукопись поступила в издательский отдел
16 января 1965 г.