

ψ-ЧАСТИЦЫ И НОВЫЕ МОДЕЛИ КВАРКОВ

Н. В. Красников, В. А. Кузьмин, К. Г. Четыркин

В работе показано, что в рамках моделей с пятью или шестью кварками находят естественное объяснение лептонные ширинны $\psi(3095)$ и $\psi'(3695)$ и неизменность выхода К-мезонов в процессе $e^+e^- \rightarrow$ адроны в интервале энергий от 3 до 4,8 Гэв. Значение $R \equiv \sigma(e^+e^- \rightarrow \text{адроны})/\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$ может быть согласовано с экспериментальными данными без учета или с учетом цветов кварков.

Описание недавно открытых нейтральных мезонов $\psi(3095)$ и $\psi'(3685)$ в рамках кварковой модели с четырьмя фундаментальными кварковыми полями сталкивается с определенными трудностями. Во-первых, возникает трудность при объяснении парциальных ширин лептонных распадов этих мезонов, если приписать четвертому кварку (*c*-кварку) значение электрического заряда +2/3, совпадающее с зарядом *p*-кварка, как это имеет место в модели Глэшоу – Илиопулоса – Майани [1]. В этом случае, рассматривая ψ как почти чистое связанное состояние *c* и пользуясь известным правилом универсальности [2, 3] для поведения в нуле волновой функции связанного состояния двух кварков, получим, что $\Gamma(\psi \rightarrow l\bar{l}) \sim 1,5$ кэв, тогда как экспериментальное значение составляет $4,8 \pm 0,6$ кэв [4]. Трудно объяснить также соотношение ширин [5] $\Gamma(\psi' \rightarrow l\bar{l}) \sim \frac{1}{2} \Gamma(\psi \rightarrow l\bar{l})$. Наконец, не находит естественного объяснения неизменность относительного выхода каонов в процессе e^+e^- -аннигиляции в адроны при изменении энергии от 3 до 4,8 Гэв [6].

Мы обсудим возможные способы преодоления указанных трудностей.

Выходом из положения могло бы служить рассмотрение кварковых моделей с пятью или шестью кварками. Рассмотрим сначала модель с

пятью кварками, считая [7], что $\psi \sim ac\bar{c} - bg\bar{g}$ и $\psi' \sim bc\bar{c} + ag\bar{g}$, где g – пятый夸克。Тогда с тем же правилом универсальности получим, что лептонные ширины ψ и ψ' удовлетворительно объясняются приписыванием c - и g -кваркам значений зарядов $-4/3$ и $+2/3$. Это наводит на мысль, что именно пятый夸克 g входит во второй слабый изодублет ГИМ и обеспечивает подавление нейтральных токов с изменением странности. Взяв слабые мультиплеты в виде $(p, n \cos \theta + \lambda \sin \theta)_L(g, -n \sin \theta + \lambda \cos \theta)_L, c_L, (n, c)_R, p_R, n_R, g_R$ получим, как легко показать, схему слабых и электромагнитных взаимодействий адронов, сохраняющую механизм ГИМ подавления нейтральных токов с изменением странности, но не содержащую переходов c -кварка в λ -кварк в первом порядке по G . Изменения относительного выхода K -мезонов в процессе $e^+e^- \rightarrow$ адроны в этой схеме следует ожидать за порогом образования пары мезонов с кварковым содержанием $g\bar{p}$. Если верить массовым формулам группы $SU(5)$ [7], это может иметь место при энергии выше $5 GeV$.

Из значений лептонных ширин ψ и ψ' можно получить иные значения зарядов четвертого и пятого кварков, если воспользоваться отмеченным в работе [8] соотношением между лептонными ширинами ρ^0 , ω , ϕ и ψ -мезонов, в котором лептонная ширина определяется только зарядами составляющих кварков и не зависит от масс мезонов. В этом случае значения лептонных ширин ψ и ψ' удовлетворительно описываются при значениях зарядов c - и g -кварков равных $+2/3$ и $-1/3$ соответственно. Калибровочная теория слабых и электромагнитных взаимодействий адронов, состоящих из кварков с такими зарядами, была построена в работе [9]. В этой модели относительный выход K -мезонов в процессе $e^+e^- \rightarrow$ адроны после прохождения порога образования пары мезонов с кварковым содержанием $s\bar{p}$ (D -мезонов) должен возрастать, хотя и не так сильно, как в модели ГИМ, вследствие существования дублета $(c, n)_R$. Заметим, что асимптотическое значение $R \equiv \sigma(e^+e^- \rightarrow \text{адроны}) : \sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-)$ с учетом трех цветов кварков составляет в этой схеме $11/3$ по сравнению с экспериментальным значением $5 \pm 0,5$ [6].

Увеличивая число кварков до шести, рассмотрим две модели¹⁾. Приписывая новым кваркам заряды $+2/3$, $-1/3$ и $+2/3$, можно удовлетворительно объяснить лептонные ширины ψ и ψ' , пользуясь новым правилом универсальности [8] и рассматривая ψ и ψ' как $a'c\bar{c} - b'g\bar{g}$ и $b'c\bar{c} + a'g\bar{g}$. С другой стороны, построив слабые дублеты в форме $(p, n \cos \theta + \lambda \sin \theta)_L, (t, -n \sin \theta + \lambda \cos \theta)_L, (c, g)_L, (p, g)_R, (c, n)_R, (t, \lambda)_R$, где t – шестой кварк, θ – опять угол Кабибо, получим модель слабых и электромагнитных взаимодействий адронов, в которой относительный выход K -мезонов в процессе $e^+e^- \rightarrow$ адроны не изменяется вплоть до порога образования пары мезонов с кварковым содержанием $t\bar{p}$. Механизм ГИМ подавления нейтральных токов с изменением странности здесь по-прежнему работает, а калибровочная теория СЭМ взаимодействий адронов не содержит аномалий в адронном секторе. Значение R с учетом трех цветов кварков составляет $R = 5$, а до порога рождения пары мезонов $t\bar{p}$ равно $11/3$.

¹⁾ Модели с шестью кварками рассматривались также в работах [10, 11].

Схема с шестью кварками может быть построена и иным образом, если выбрать заряды новых夸克ов равными $-4/3$, $+2/3$ и $-4/3$. Такой выбор зарядов c - и g -кварков соответствует использованию старого правила универсальности для лептонных распадов ψ и ψ' , причем как и прежде эти мезоны считаются связанными состояниями $c\bar{c}$ и $g\bar{g}$ (или их смесью). Взяв слабые мультиплеты в форме $(p \cos \theta - g \sin \theta, n, c)_L$, $(p \sin \theta + g \cos \theta, \lambda, t)_L$, можно построить калибровочную модель СЭМ взаимодействий адронов, не содержащую нейтральных токов с изменением странности. В этой схеме не следует ожидать изменения относительного выхода каонов до прохождения порога для образования мезонов с кварковым содержанием $t\bar{p}$. Значение R в схеме с тремя цветами кварков после прохождения порога образования пары мезонов с кварковым содержанием $c\bar{t}$ составляет $R = 22/3$, а асимптотическое значение $R = 14$.

Таким образом, в рамках кварковых моделей с пятью или шестью кварками можно достаточно легко объяснить экспериментальные данные, представляющие трудность для $SU(4)$ -схемы, не входя вместе с тем в грубое противоречие с измеренным до энергии 5 ГэВ значением R .

Авторы благодарны П.Н.Боголюбову, В.А.Матвееву и А.Н.Тавхелидзе за плодотворные обсуждения и замечания.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
23 мая 1975 г.

Литература

- [1] S.L.Glashow, J.Iliopoulos, L.Maiani. Phys. Rev., D2, 1285, 1970.
- [2] В.А.Матвеев, Б.В.Струминский, А.Н.Тавхелидзе. Препринт ОИЯИ, Р-2524, 1965.
- [3] R. van Royen, V.F.Weisskopf. Nuovo Cim., 50, 617, 1967.
- [4] A.M.Boyarski et al. Phys. Rev. Lett., 34, 1357, 1975.
- [5] G.S. Abrams et al. LBL-3687, 1975.
- [6] F.J.Gilman. SLAC-PUB-1537, 1975.
- [7] Н.В.Красников, В.А.Кузьмин. Письма в ЖЭТФ, 21, 510, 1975.
- [8] D.R.Yennie. Phys. Rev. Lett., 34, 239, 1975.
- [9] Н.Н.Николаев. Письма в ЖЭТФ, 16, 492, 1972.
- [10] В.И.Захаров, Л.Б.Окунь. Доклад на Семинаре по глубоконеупругим и инклузивным процессам, Сухуми, 1975.
- [11] N.Harari, SLAV-PUB-1568, 1975.