

НОВЫЕ КВАРКИ И БАРИОННАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ

П. Н. Боголюбов, Н. В. Красников, В. А. Кузьмин,
В. А. Матвеев, Ж. К. Четыркин

В работе вычисляются массы новых барионов в мультиплетах группы $SU(5)$.

Интерпретация новых частиц $\psi(3095)$ и $\psi(3685)$ как связанных состояний $c\bar{c}$, где c — четвертый кварк, предполагает, что должны существовать "очарованные" мезоны и барионы. Обнаружение таких мезонов и барионов было бы, очевидно, решающим аргументом в пользу схемы с четырьмя кварками. В работе [1] частицы ψ и ψ' рассматривались как связанные состояния $c\bar{c}$ и $g\bar{g}$, где g — пятый кварк. Очевидно, что такой подход опять-таки предполагает существование мезонов и барионов, содержащих новые кварки. Массы мезонов с кварковым содержанием $c\bar{p}$, $c\bar{\lambda}$, $g\bar{p}$, $g\bar{\lambda}$ и т. п. были в работе [1] вычислены. Здесь мы приведем массы новых барионов с кварковым содержанием ppc , ppg и т. п.

Экспериментальные поиски "очарованных" мезонов и барионов проводятся в настоящее время весьма широко. Некоторых результатов этих работ мы коснемся и кратко обсудим их возможную интерпретацию.

В схеме с пятью кварками будем описывать барионы, как обычно, как связанные состояния трех кварков. Разложение произвольного спина третьего ранга на неприводимые спиноры записывается в виде

$$5 \otimes 5 \otimes 5 = 35 \oplus 10 \oplus 40 \oplus 40.$$

40-плет группы $SU(5)$ описывает барионы со спин-четностью $1/2^+$ и содержит октет барионов группы $SU(3)$, 35-плет группы $SU(5)$ описывает барионы со спин-четностью $3/2^+$ и содержит декуплет группы $SU(3)$.

Имея в виду значительную разность масс в фундаментальном мультиплете кварков, следует в первую очередь учесть нарушение $SU(5)$ -симметрии за счет утяжеления кварков: Δ_λ , Δ_c и Δ_g .

Утяжеление c - и g -кварков определим из масс нейтральных векторных мезонов ψ и ψ' , считая смешивание идеальным [1]:

$$\Delta_c \approx 1/2(m_\psi - m_\omega) = 1,156 \text{ Гэв},$$

$$\Delta_g \approx 1/2(m_{\psi'} - m_\omega) = 1,451 \text{ Гэв}.$$

Для утяжеления странного λ -кварка используем известные значения $\Delta_\lambda = 0,147 \text{ Гэв}$ в случае 35-плета и $\Delta_\lambda = 0,188 \text{ Гэв}$ в случае 40-плета. Кроме того, следует учесть также спин-спиновое взаимодействие в системе кварков, приводящее к расщеплению масс барионов со спином

$$J = 3/2 \text{ и } 1/2: \Delta m = \alpha J(J+1), \text{ где } \alpha = 1/3(m_{1236} - m_p) = 0,100 \text{ Гэв}.$$

Таким образом, массы барионов в 35-плете в первом приближении описываются формулой

$$M = 0,865 + 0,100J(J+1) + 0,147n_\lambda + 1,16n_c + 1,45n_g, \text{ Гэв},$$

где n_λ, n_c, n_g — числа λ -, c - и g -кварков, входящих в состав бариона. В случае 40-плета коэффициент перед n_λ равен $0,188 \text{ Гэв}$.

Массы барионов, содержащих один новый кварк, в 40-плете ($1/2^+$) и 35-плете ($3/2^+$) группы $SU(5)$

| Кварковая конфигурация | $J^P = 1/2^+$ | $J^P = 3/2^+$ | Заряд | |
|------------------------|---------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | | $Q_c = -4/3$ $Q_g = 2/3$ | $Q_c = 2/3$ $Q_g = -1/3$ |
| ppc | 2,10 | 2,40 | 0 | 2 |
| $p\lambda c$ | 2,30 | 2,54 | -1 | 1 |
| $\lambda\lambda c$ | 2,47 | 2,69 | -2 | 0 |
| ppg | 2,39 | 2,69 | 2 | 1 |
| $p\lambda g$ | 2,58 | 2,84 | 1 | 0 |
| $\lambda\lambda g$ | 2,77 | 2,98 | 0 | -1 |

В таблице приведены значения масс барионов, содержащих один новый кварк. В последней колонке таблицы приведены заряды барионов при выборе зарядов c - и g -кварков согласно [2].

Схемы распада новых барионов можно получить, пользуясь выражениями для слабых токов в моделях с пятью и шестью кварками, рассмотренных в работе [2]:

$$J_\mu = \bar{p}_L \gamma_\mu n_L \cos \theta + \bar{p}_L \gamma_\mu \lambda_L \sin \theta - \bar{g}_L \gamma_\mu n_L \sin \theta + \bar{g}_L \gamma_\mu \lambda_L \cos \theta + \\ + \bar{n}_R \gamma_\mu c_R, \quad Q_c = -4/3, \quad Q_g = 2/3;$$

$$J_{\mu} = \bar{p}_L \gamma_{\mu} n_L \cos \theta - \bar{c}_L \gamma_{\mu} n_L \sin \theta + \bar{p}_L \gamma_{\mu} \lambda_L \sin \theta + \bar{c}_L \gamma_{\mu} \lambda_L \cos \theta + \\ + \bar{p}_R \gamma_{\mu} g_R + \bar{c}_R \gamma_{\mu} n_R, \quad Q_c = 2/3, \quad Q_g = -1/3;$$

$$J_{\mu} = \bar{p}_L \gamma_{\mu} n_L \cos \theta - \bar{g}_L \gamma_{\mu} n_L \sin \theta + \bar{n}_L \gamma_{\mu} c_L + \bar{p}_L \gamma_{\mu} \lambda_L \sin \theta + \\ + \bar{g}_L \gamma_{\mu} \lambda_L \cos \theta + \bar{\lambda}_L \gamma_{\mu} t_L, \quad Q_c = Q_t = -4/3, \quad Q_g = 2/3;$$

$$J_{\mu} = \bar{p}_L \gamma_{\mu} n_L \cos \theta + \bar{p}_L \gamma_{\mu} \lambda_L \sin \theta + \bar{t}_L \gamma_{\mu} \lambda_L \cos \theta - \bar{t}_L \gamma_{\mu} n_L \sin \theta + \\ + \bar{c}_L \gamma_{\mu} g_L + \bar{p}_R \gamma_{\mu} g_R + \bar{c}_R \gamma_{\mu} n_R + \bar{t}_R \gamma_{\mu} \lambda_R, \\ Q_c = Q_t = 2/3, \quad Q_g = -1/3.$$

В недавней работе [3] сообщается о наблюдении события $\nu P \rightarrow \mu^{-} \Lambda^{0} \pi^{+} \pi^{+} \pi^{-}$, которое интерпретируется как $\nu P \rightarrow \mu^{-} + (ppc)$, $(ppc) \rightarrow \Lambda^{0} \pi^{+} \pi^{+} \pi^{-}$ с массой состояния (ppc) равной $M = 2426 \pm 12 \text{ Мэв}$. Из таблицы и выражений для токов видно, что это событие вполне может быть интерпретировано как образование в конечном состоянии бариона с кварковым содержанием (ppg) в схемах, где $Q_g = 2/3$, $Q_c = -4/3$.

Отметим существование в рассматриваемой схеме барионов с зарядами -3 и -4 .

Авторы выражают благодарность А.Н.Тавхелидзе за интерес к работе и полезные обсуждения.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР
Объединенный институт
ядерных исследований

Поступила в редакцию
18 июля 1975 г.

Литература

- [1] Н.В.Красников, В.А.Кузьмин. Письма в ЖЭТФ, 21, 510, 1975.
[2] Н.В.Красников, В.А.Кузьмин, К.Г.Четыркин. Письма в ЖЭТФ, 22, 106, 1975.
[3] E.G.Cazzoli et al. Phys. Rev. Lett., 34, 1125, 1975.