

**ЗАМЕЧАНИЯ ОБ ИЗМЕНЕНИИ СЛАБОГО ТОКА  
И УСТРАНЕНИИ АНОМАЛИЙ В КАЛИБРОВОЧНЫХ МОДЕЛЯХ  
СЛАБЫХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

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

В работе предложены модификации модели Де Рухула, Джорджи и Глэшоу [2], не содержащие аномалий.

Открытие новых частиц является во многих отношениях блестящим подтверждением предсказаний схемы с четырьмя кварками, в которой

слабые и электромагнитные взаимодействия описываются калибровочной теорией со спонтанно нарушенной  $SU(2) \otimes U(1)$ -симметрией [1]. При этом частицы объединяются в слабые мультиплеты следующим образом:

$$\begin{pmatrix} \nu \\ e \end{pmatrix}_L, \quad e_R, \quad \begin{pmatrix} \nu' \\ \mu \end{pmatrix}_L, \quad \mu_R,$$

$$\begin{pmatrix} p \\ n \theta \end{pmatrix}_L, \quad \begin{pmatrix} p' \\ \lambda \theta \end{pmatrix}_L, \quad p_R, \quad n_R^\theta, \quad p_R', \quad \lambda_R^\theta,$$

$$n^\theta = n \cos \theta + \lambda \sin \theta; \quad \lambda^\theta = -n \sin \theta + \lambda \cos \theta.$$

Калибровочная теория СЭМ взаимодействий в такой модели с учетом трех цветов кварков не содержит  $\gamma_5$ -аномалий, а заряженный слабый ток имеет  $(V-A)$ -структуру:

$$J_\mu = \bar{p}_L \gamma_\mu n_L^\theta + \bar{p}'_L \gamma_\mu \lambda_L^\theta + \bar{\nu}_L \gamma_\mu e_L + \bar{\nu}'_L \gamma_\mu \mu_L.$$

В работе [2] для объяснения неизменного выхода  $K$ -мезонов в процессе  $e^+e^- \rightarrow$  адроны в области энергий  $3 \div 8 \text{ ГэВ}$ , а также для объяснения правила  $\Delta I = 1/2$  и аномальной скорости нелептонных распадов странных частиц было предложено модифицировать очарованный заряженный ток, добавив член с  $(V+A)$ -структурой

$$J_\mu' = J_\mu + \bar{p}'_R \gamma_\mu n_R,$$

что соответствует следующему изменению в объединении части в изомультиплетах:

$$\begin{pmatrix} p \\ n \theta \end{pmatrix}_L, \quad \begin{pmatrix} p' \\ \lambda \theta \end{pmatrix}_L, \quad \begin{pmatrix} p' \\ n \end{pmatrix}_R, \quad \lambda_R, \quad p_R.$$

Такая модификация адронного сектора при неизменном лептонном секторе приводит к появлению аномалий в калибровочной модели СЭМ взаимодействий лептонов и адронов.

В настоящей статье мы хотим обратить внимание на наиболее экономичный способ изменения модели [2] с целью компенсации аномалий. Это может быть достигнуто либо введением новых кварков [3], либо модификацией лептонного сектора [2]. Обсудим сначала последнюю возможность. Введем два новых лептона, массивный заряженный  $U$  и безмассовый нейтральный  $\nu''$  со следующим разбисием на изотопические мультиплеты:

$$\begin{pmatrix} \nu'' \\ U \end{pmatrix}_R, \quad U_L,$$

что приводит к изменению заряженного слабого тока

$$J_\mu'' = J_\mu' + \bar{\nu}''_R \gamma_\mu U_R.$$

Легко видеть, что такая модификация лептонного сектора, с учетом трех цветов кварков, делает калибровочную модель свободной от аномалий<sup>1)</sup>. Заметим, что в последнее время в экспериментах в Стенфорде наблюдались события  $e^+e^- \rightarrow \mu^+ + e^- + \dots$ , которые объяснялись в частности [5], возможным образованием пары новых массивных заряженных лептонов  $U^\pm$  и их последующим распадом  $U^\pm \rightarrow \mu^\pm(e^\pm) \bar{\nu}_\mu$ . Такая интерпретация  $\mu e$ -событий облегчает объяснение большого значения  $R \equiv \sigma(e^+e^- \rightarrow \text{адроны})/\sigma(e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-) = 5,5 \pm 0,5$  при энергиях от 4 до 8 Гэв [6], хотя не решает проблемы полностью. С учетом вышесказанного о перенормируемой теории СЭМ взаимодействий лептонов и адронов подобная интерпретация  $\mu e$ -событий кажется весьма правдоподобной.

Если же мы хотим устранить аномалии в модели [2] только за счет изменения адронного сектора, тогда необходимо ввести по крайней мере еще два новых кварка  $g$  и  $t$  с зарядами  $Q_g = -1/3$  и  $Q_t = 2/3$ , дополнительные мультимлеты выбираются в виде

$$\begin{pmatrix} t \\ g \end{pmatrix}_L, \quad \bar{g}_R, \quad t_R.$$

В работе [7] отмечалась возможность того, что  $J/\psi(3095)$  и  $\psi'(3684)$  являются связанными состояниями кварк-антикварк  $g\bar{g}$ . В такой модели аномалии отсутствуют с учетом трех цветов кварков, а слабый заряженный ток имеет вид

$$J_\mu^{\prime\prime} = J_\mu^{\prime} + \bar{t}_L \gamma_\mu g_L.$$

Существует также третья возможность модификации модели [2], в которой аномалии компенсируются раздельно как в лептонном, так и в адронном секторах. Примером может служить модель, содержащая пятый кварк  $g$  и четыре новых лептона, два массивных заряженных и два нейтральных безмассовых, объединенных в изомультимлеты<sup>1)</sup>:

$$\begin{pmatrix} p \\ g \end{pmatrix}_R, \quad g_L, \quad \begin{pmatrix} \nu^{\prime\prime} \\ U \end{pmatrix}_R, \quad U_L, \quad \begin{pmatrix} \nu^{\prime\prime\prime} \\ V \end{pmatrix}_R, \quad V_L,$$

где  $V$  – четвертый заряженный лептон, Заряженный ток при этом имеет вид

$$J_\mu^{\prime\prime} = J_\mu^{\prime} + \bar{p}_R \gamma_\mu g_R + \bar{\nu}_R^{\prime\prime} \gamma_\mu U_R + \bar{\nu}_R^{\prime\prime\prime} \gamma_\mu V_R.$$

Вопрос о модификации нейтрального тока во всех рассмотренных выше моделях мы обсудим отдельно.

<sup>1)</sup> Аналогичным образом два дополнительных массивных лептона вводились в модели СЭМ взаимодействий с  $CP$ -нарушением в работе [4].

<sup>2)</sup> Адронный сектор данной модели совпадает с моделью Николаева [8].

Авторы благодарны А.Н.Тавхелидзе за полезные обсуждения и замечания.

Институт ядерных исследований  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
23 сентября 1975 г.

### Литература

- [1] S.L.Glashow, J.Iliopoulos, L.Maiani. Phys. Rev., D2, 1285, 1970; S.L.Glashow. Nucl. Phys., 22, 579, 1961; S.Weinberg. Phys. Rev. Lett., 19, 1264, 1967; A.Salam. Elementary Particle Theory, ed. V.Svartholm (Almqvist and Wiksell, Stockholm, Sweden, 1968), p. 367.
  - [3] A. De Rújula, H.Georgi, S.L.Glashow. Phys. Rev. Lett., 35, 69, 1975.
  - [3] Н.В.Красников, В.А. Кузьмин, К.Г.Четыркин. Письма в ЖЭТФ, 22, 106, 1975.
  - [4] R.N.Mohapatra. Phys. Rev., D6, 2023, 1972.
  - [5] H.Harari. Talk at Int. Symp. Lepton Photon Interactions Stanford, 1975.
  - [6] R.F.Schwitters. Talk at Int.Symp. Lepton Photon Interactions, Stanford, 1975.
  - [7] Н.В.Красников, В.А.Кузьмин. Письма в ЖЭТФ, 21, 510, 1975.
  - [8] Н.Н.Николаев. Письма в ЖЭТФ, 16, 492, 1972.
-