

## ГРАНД-ОБЪЕДИНЕНИЕ И МОДЕЛЬ ВАЙНБЕРГА – САЛАМА

*Р.Ледницки, В.Ю.Цейтлин* <sup>1)</sup>

Показано, что в  $E_8$ -теории гранд-объединения существует возможность воспроизвести модель Вайнберга – Салама. При этом предсказывается неперенормированное значение  $\sin^2 \theta_W = 0,3$ .

Цель настоящей статьи – привлечь внимание к возможности воспроизвести модель Вайнберга – Салама при фиксированном симметричном значении  $\sin^2 \theta_W = 0,3$  в рамках  $E_8$ -теории всеобщего объединения.

Согласие имеющихся экспериментальных данных с предсказаниями модели Вайнберга – Салама с  $\sin^2 \theta_W = 0,23$  является настолько впечатляющим, что было бы удивительно, если бы не существовал некоторый глубокий теоретический принцип, позволяющий получить это значение  $\sin^2 \theta_W$ . Одна из возможностей зафиксировать значение  $\sin^2 \theta_W$  основана на идее всеобщего объединения сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий. Калибровочные теории всеобщего объединения строятся на основе гранд-группы  $G$ , описывающей симметрию между кварками и лептонами и содержащей калибровочные группы сильных, слабых и электромагнитных взаимодействий. Способ вложения

---

<sup>1)</sup> ФИАН СССР.

последних в  $G$  фиксирует значение  $\sin^2 \theta_W$ . Это симметричное значение отвечает области (сверхбольших) энергий, где нарушением исходной гранд-симметрии можно пренебречь, и при переходе к современным энергиям подвергается перенормировке. В известных  $SU(5)$ -,  $SO(10)$ - и  $E_6$ -теориях [1]  $\sin^2 \theta_W = 3/8$  и после перенормировки принимает нужное значение. Однако, в указанных схемах для описания фундаментальных фермионов приходится использовать приводимые представления гранд-группы, что представляется неудовлетворительным. Наиболее последовательными в этом плане являются исключительные  $E_7$ - и  $E_8$ -модели. Рассмотрим сначала более экономную  $E_7$ -схему. Фундаментальные фермионы и калибровочные поля в этой теории содержатся в  $\underline{56}$ - и  $\underline{133}$ -плетах, соответственно. Разложение этих представлений по подгруппе  $SU(6)_{flavor} \otimes SU^c(3)$  имеют вид

$$\begin{aligned} \underline{56} &= (20, 1^c) + (6, 3^c) + (\bar{6}, \bar{3}^c) \\ \underline{133} &= (35, 1^c) + (\bar{15}, 3^c) + (15, \bar{3}^c) + (1, 8^c) \end{aligned} \quad (1)$$

и, при стандартном определении электрического заряда  $Q = \text{diag}(2, 3, -1/3, -1/3, 2/3, -1/3, -1/3)$ ,  $\sin^2 \theta_W$  принимает слишком большое значение  $3/4$  ( $2/3$  после перенормировки [4]). Однако, в рамках группы  $E_7$  существует второе возможное определение заряда [2]

$$Q = \text{diag}(2/3, -1/3, 2/3, 2/3, -1/3, -4/3).$$

Наше первое замечание заключается в том, что определение (2) приводит к  $\sin^2 \theta_W = 0,3$  ( $2/9$  после перенормировки). Кроме того при этом, в отличие от предыдущего случая, появляются заряженные лептонные синглеты по стандартно определяемой [2] группе  $SU(2)_W$  слабых взаимодействий, что дает возможность выполнить prescription Вайнберга - Салама для  $e_R^-, \mu_R^-$ . К сожалению, как это видно из (2), при таком определении в теории нет кварковых  $SU(2)_W$ -синглетов с зарядом  $-1/3$ , т.е.  $d_R$  должен быть помещен в дублет, что противоречит имеющимся данным [5]. Наше главное наблюдение теперь состоит в том, что при переходе к  $E_8$  в качестве гранд-группы, указанная трудность исчезает. Действительно, фермионы, как и калибровочные поля, преобразуются в  $E_8$ -схеме по представлению  $\underline{248}$  (это дает возможность естественного введения суперсимметрии в теорию) [3]. Его разложение по максимальной подгруппе  $E_7 \otimes SU(2)$  таково

$$\underline{248} = (56, 2) + (133, 1) + (1, 3). \quad (3)$$

Сохраняя стандартное определение группы слабых взаимодействий  $SU(2)_W < SU(6) < E_7 < E_8$  и определение заряда (2), мы убеждаемся в том, что  $\sin^2 \theta_W = 0,3$ . Из (1) и (3) видно, что триплетные по цвету кварки в теории содержатся в представлении  $(6, 2) + (\bar{15}, 1)$  группы  $[SU(6) \otimes SU(2)]_{flavor}$  и так как в  $\bar{15}$ -плете содержатся два  $SU(2)_W$ -синглета с зарядом  $-1/3$ , трудность с правым  $d$ -кварком отсутствует. Следовательно, в рамках  $E_8$ -теории квантовые числа известных фермионов

могут быть полностью согласованы с предписанием Вайнберга – Салама. При этом значение  $\sin^2 \theta_W$  близко к требуемому экспериментом. Перенормированное значение  $\sin^2 \theta_W$  здесь зависит от деталей спонтанного нарушения. Именно, так как в теории имеется 27 кварковых ароматов плюс 8 кварков с квантовыми числами глюонов (см. в связи с этим [6]), то для обеспечения асимптотической свободы квантовой хромодинамики некоторые из них должны приобретать сверхбольшие массы, а значение  $\sin^2 \theta_W$  зависит от того, какие кварки в теории остаются легкими.

Обладая наивысшим из всех исключительных групп рангом ( $E_8 \supset E_7 \supset E_6 \supset F_4 \supset G_2$ ), группа  $E_8$  реализует в этом смысле экстремальную возможность гранд-симметрии. Однако, несмотря на свою избыточность, связанную с большим числом фундаментальных фермионов,  $E_8$ -теория, благодаря указанной в настоящей работе особенности, заслуживает всестороннего исследования.

Мы благодарны В.И.Огиевскому за ценные обсуждения.

Объединенный  
институт ядерных исследований

Поступила в редакцию  
16 июня 1979 г.

### Литература

- [1] H.Narari. Phys. Reports, **42**, 235, 1978.
  - [2] P.Sikivie, F.Gürsey. Phys. Rev., **D16**, 816, 1977.
  - [3] H.Fritzsch. TH. 2309- CERN, April 1977.
  - [4] Д.И.Дьяконов. ЯФ, **26**, 845, 1977.
  - [5] L.F.Abbot, R.M.Barnett. Phys. Rev., **D18**, 3214, 1978.
  - [6] F.Wilczek, A.Zee. Phys. Rev., **D16**, , 860, 1977.
-