39.12.01

СИММЕТРИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ SU (6) *)

Загадка мультиплетов «элементарных» частиц, по-видимому, быстро приближается к кульминации, а возможно, даже и к решению. Укрепляется идея, согласно которой все известные частицы могут быть сгруппированы в несколько больших семейств и внутри каждого их этих «супермультиплетов» все частицы можно рассматривать как математически эквивалентные друг другу. Этот метод группирования частиц возник из теории «унитарной симметрии», называемой $SU(3)$, или, иначе, «восьмеричным путем» **). В течение последних шести месяцев получила широкую поддержку более объемлющая схема упорядочивания, называемая $SU(6)$. $SU(6)$ относится к специальной унитарной группе, алгебра которой основана на шести компонентах и дает еще более обширные мультиплеты, чем $SU(3)$.

Теория $SU(3)$ показывает, каким образом частицы, которые варьируют в отношении некоторых основных свойств (изотопический спин и гиперзаряд), могут рассматриваться как члены одного супермультиплета при условии, что они одинаковы в отношении других основных свойств (обыкновенный спин и четность). Наиболее известные частицы, которые могут быть сгруппированы таким образом,— это дублет нуклонов (нейтрон и протон), три сигма-частицы (Σ^+, Σ^0, Σ^-), две кси-частицы (Ξ^+, Ξ^-) и лямбда-частица (Λ), которые вместе образуют супермультиплет с восемью членами — октет. Другой супермультиплет из 10 членов — декуплет — удовлетворяет требованиям $SU(3)$, но в то время, когда он был предложен, не хватало 10-го члена. Когда же недостающая частица — омега-минус — год назад была открыта, престиж $SU(3)$ значительно возрос. Теория, которая постулировала эти группировки, была развита независимо друг от друга в 1961 г. М. Гелл-Манном из Калифорнийского технологического института и Ю. Нееманом из университета в Тель-Авиве.

---

*) Scientific American, March 1965.

**) См. статью М. Гелл-Манна, А. Розенфельда, Дж. Чу «Сильно взаимодействующие частицы» (УФН 83 (4), 695 (1964)). (*Прим. ред.*)

Теория $SU(6)$ реабилитирует идею, высказанную Е. Вигнером около 30 лет назад. Вигнер предположил, что силы внутри ядра могут быть независимыми от спина ядерных компонентов. Эта идея, которая имела ограниченный успех в предсказании свойств ядер, теперь применена к самим субъядерным частицам. Восьмичленный и десятичленный супермультиплеты характеризуются различной величиной спинового углового момента: частицы восьмичленной группы имеют спин 1/2, десятичленной — спин 3/2. Однако обе группы имеют положительную четность. В теории $SU(6)$ различие в спинах дает ключ к группировке октета и декуплета в еще больший супермультиплет, в котором спин рассматривается как вторичное свойство подобно заряду, гиперзаряду, изотопическому спину и массе. В системе $SU(6)$ октет и декуплет образуют супермультиплет не из 18, а из 56 членов. Объяснение состоит в том, что каждая частица в октете (спин 1/2) имеет два спиновых состояния, а всего в октете — 16 состояний, а каждая частица в декуплете (спин 3/2, а значит, $2S + 1 = 4$) — четыре состояния, всего — 40 состояний; $16 + 40 = 56$. Следовательно, соответственно операциям симметрии $SU(6)$, 56 членов супермультиплета могут трансформироваться друг в друга.

Другие супермультиплеты, которые аналогично трансформируются по симметрии $SU(6)$, имеют 20, 35 и 70 членов. Супермультиплеты из 35 и 56 членов могут объединить большинство хорошо установленных частиц. Семейство из 35 членов может быть образовано путем группировки 17 из известных мезонов, которые имеют отрицательную четность. Восемь имеют спин нуль, поэтому только по одному спиновому состоянию каждый; девять имеют спин единица, т. е. три состояния каждый. В сумме получается $8 + 27$, или 35 спиновых состояний.

Неожиданным успехом теории $SU(6)$ является то, что она позволила правильно получить отношение магнитного момента протона к магнитному моменту нейтрона. Оно равно —1,91/2,79 или —0,68, а по $SU(6)$ оно должно быть — 2/3 или —0,67.

$SU(6)$ можно рассматривать как результат объединения $SU(3)$ и вигнеровской концепции независимости от спина. С математической точки зрения $SU(3)$ рассматривает все частицы, как если бы они были построены из трех основных частиц, которые Гелл-Манн назвал «кварками» (различные группы физиков охотились за кварками, но пока без успеха; возможно, что они являются просто удобной математической фикцией). В $SU(6)$ допускается, что каждый кварк имеет два спиновых состояния, так что имеется шесть состояний для образования реально наблюдаемых частиц. Самый маленький супермультиплет из шести объектов, взятых по три одновременно, есть семейство из 20 членов. Семейства из 35, 56 и 70 состоят из более сложных комбинаций из шести кварков, взятых по три одновременно.

Авторство теории $SU(6)$ разделяют несколько исследователей. Первые положения теории были опубликованы Фезой Гюрши [1] из Средневосточного технического университета в Анкаре и Луиджи Радикати [1] из Высшей нормальной школы в Пизе, в то время как оба они летом 1964 г. были в качестве гостей в Брукхейвенской национальной лаборатории. Другие ранние формулировки теории были даны Б. Сакитой [2] из Висконсинского университета и независимо Джорджем Цвейгом из Калифорнийского технологического института. Кроме того, помогали развивать теорию Абрагам Пайс и Баки Бег из Рокфеллеровского института и Вирендра Синг (в настоящее время в Институте фундаментальных исследований в Бомбее).

В своих ранних версиях теория $SU(6)$ могла описывать только статические свойства частиц, и многие физики сомневались в том, что она сможет быть распространена на поведение движущихся частиц. Для этой цели она должна быть выражена в форме, согласующейся со специальной теорией относительности. Существенный успех в этом направлении, по-видимому, недавно был получен двумя группами. Одна из них состоит из Абдуса Салама, Дж. Стратди и Р. Дельбурго [3], работающих в Интернациональном центре теоретической физики в Триесте. Другая группа состоит из Пайса и Баки Бега, которые сообщили свои результаты на январской сессии Американского физического общества в Нью-Йорке. Релятивистский вариант $SU(6)$ может позволить приближенно предсказать вероятности рассеяния различных частиц — предсказания, которые до сих пор были очень затруднительны. Возможно также, что группы симметрии могут быть расширены дальше, чтобы образовать еще больший супермультиплет.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. F. Gürsey, L. A. Radicati, Phys. Rev. Letts. **13** (5), 173 (1964).
2. B. Sakita, Phys. Rev. **136** (6B), 1756 (1964).
3. R. Delbourgo, A. Salam, J. Strathdee, Proc. Roy. Soc. A284, 146(1965).