

поколения лептонов и кварков (см. *Поколения фермионов*). С учётом цвета кварков и спиральностей это составляет 45 двухкомпонентных вейлевских состояний (см. *Вейля уравнение*). Столь большое число кварков и лептонов наводит на мысль об их возможном составном характере. Существует много конкретных С. м., однако ни одна из них не обладает явным преимуществом перед другими. Одной из первых С. м. является модель Пати и Салама [1]. Заметную популярность получила модель Харари и Шуце [2], к-рая содержит мин. число преонов, однако в ней игнорируются мн. динамич. вопросы. Общие проблемы, характерные практически для всех С. м., следующие.

Экспериментально установлено, что эфф. размер лептонов и кварков не превышает $\sim 10^{-16}$ см. Если кварки и лептоны состоят из преонов, то радиус соответствующих состояний должен быть мал, $r_0 < 10^{-16}$ см. Наиб. естеств. гипотеза заключается в том, что эти связанные состояния образуются за счёт механизма конфайнмента (плениния) нек-рого «метацвета», подобно тому, как обычные адроны представляют собой бесцветные связанные состояния цветных кварков и глюонов (см. *Удержание цвета*). Такое объяснение порождает, однако, следующую проблему. При $r_0 < 10^{-16}$ см естеств. масштаб массы таких состояний является величина $m \sim \hbar/cr_0 \geq 100$ ГэВ. Между тем кварки и лептоны имеют значительно меньшую массу.

Ситуация обостряется ещё больше в моделях, в к-рых не запрещены переходы между фермионами разных поколений за счёт простого перераспределения в них преонов, и особенно в моделях, где благодаря такому же механизму возможны переходы кварк \leftrightarrow лептон. В этих моделях радиус r_0 должен быть очень мал, и соответственно масса связанных состояний очень велика. Напр., в моделях, в к-рых кварки и лептоны образуются из одних и тех же преонов, для того чтобы избежать быстрого распада протона, r_0 должен по порядку величины совпадать со шкалой т. н. *великого объединения*, т. е. естеств. масштаб массы связанных состояний должен быть $\geq 10^{16}$ ГэВ.

Возможный выход из положения состоит в том, что глобальная *киральная симметрия* метацветового сильного взаимодействия не нарушена спонтанно на преонном уровне, в отличие от обычной киральной симметрии, к-рая, как известно, нарушается на кварковом уровне. Тогда связанные состояния преонов с фермионными квантовыми числами остаются безмассовыми, но зато отсутствуют безмассовые псевдоскалярные *голдстоуновские бозоны* — аналог пионов в обычной квантовой хромодинамике.

В работах [3—4] было указано, что если киральная преонная симметрия не нарушена, то должна существовать определённая связь между т. н. *аномалиями* в дивергенциях токов, построенных из преонов, и токов с теми же квантовыми числами, построенных из кварков и лептонов (т. н. согласование аномалий). В работе [4] условие сокращения аномалий на преонном и кварк-лептонном уровнях использовалось в конкретной модели для доказательства существования в ней числа поколений, равного трём. В работе т Хоофта [3] был продемонстрирован весьма общий характер подобных условий и показано, что они накладывают жёсткие ограничения на конкретный вид составных моделей. В этой же работе сформулировано дополнение. требование к требованию согласования аномалий на преонном и кварк-лептонном уровнях — т. н. условие отщепления. Последнее состоит в том, что если масса к. в. преона стремится к бесконечности, все связанные состояния, содержащие этот преон, выпадают из спектра, а оставшиеся состояния должны удовлетворять требованию согласования аномалий. Следует отметить, что условие отщепления представляется значительно менее обоснованным по сравнению с осн. условием согласования аномалий.

В качестве примера применения условия согласования аномалий можно привести составную модель, предложенную в работе [5]. В этой модели предполагается, что кварки и лептоны принадлежат одному определ. представлению группы великого объединения, а преоны — её спинорному представлению. Предполагалось также, что составные фермионы являются трёхпреонными композициями. Оказалось, что при этих гипотезах условие согласования аномалий т Хоофта однозначно приводит к группе *SU(8)*. Эта группа может включать в виде связанных состояний преонов три поколения фермионов с правильными квантовыми числами.

Лит.: 1) Pati J. C., Salam A., Lepton number as the fourth «color», «Phys. Rev.», 1974, v. D 10, p. 275; 2) Hara-gi H., A schematic model of quarks and leptons, «Phys. Lett.», 1979, v. 86 B, p. 83; 3) Shupe M. A., A composite model of leptons and quarks, там же, p. 87; 4) Hoofft G., Cargese summer institute lectures, 1979; 5) Ансельм А. А., Проблема семейств частиц и составные *SU(5)* декуплеты, «Письма в ЖЭТФ», 1980, т. 31, с. 150; его же, Проблема поколений частиц и квантовая структура лептонов и кварков, «ЖЭТФ», 1981, т. 80, с. 49; 6) Чкареули Д. ж. Л., Кварк-лептонные семейства: от *SU(5)* к *SU(8)*-симметрии, «Письма в ЖЭТФ», 1980, т. 32, с. 684.

А. А. Ансельм.
СОХРАНЕНИЯ ЗАКОНЫ — физ. закономерности, согласно к-рым численные значения нек-рых физ. величин не изменяются со временем в любых процессах или в определ. классе процессов. Полное описание физ. систем возможно лишь в рамках динамич. законов, к-рые детально определяют изменение состояния системы с течением времени. Однако во мн. случаях динамич. закон для данной системы неизвестен или слишком сложен. В такой ситуации С. з. позволяют сделать нек-рые заключения о характере поведения системы. Важнейшими С. з., справедливыми для любых изолиров. систем, являются законы сохранения энергии, импульса, угл. момента, электрич. заряда. Кроме всеобщих существуют С. з., справедливые лишь для огранич. классов систем и явлений.

Большую роль С. з. играют в квантовой теории, в частности в теории элементарных частиц. С. з. определяют *отбора правила*, согласно к-рым реакции с частицами, к-рые привели бы к нарушению С. з., не могут осуществляться в природе. В дополнение к перечисленным С. з., имеющимся и в физике макроскопич. тел, в теории элементарных частиц возникло много специфич. С. з., позволяющих интерпретировать наблюдаемые на опыте правила отбора. Таков, напр., закон сохранения *барионного числа*, выполняющийся с очень высокой точностью во всех видах фундам. взаимодействий. Существуют и приближённые С. з., выполняющиеся в одних процессах и нарушающиеся в других. Такие С. з. имеют смысл, если можно указать класс процессов, в к-рых они выполняются. Напр., законы сохранения *странности*, *изотопического спина*, *пространственной чётности* строго выполняются в процессах, протекающих за счёт *сильного взаимодействия*, но нарушаются в процессах *слабого взаимодействия*. Эл.-магн. взаимодействие нарушает закон сохранения изотопич. спина. Т. о., исследования элементарных частиц вновь напомнили о необходимости проверять существующие С. з. в каждой области явлений. Так, считавшийся абсолютно строгим закон сохранения барионного числа на основании теоретич. аргументов подвергается сомнению. Проводятся сложные эксперименты, имеющие целью обнаружить возможные слабые нарушения этого закона.

С. з. тесно связаны со свойствами *симметрии* физ. систем. При этом симметрия понимается как инвариантность физ. законов относительно нек-рой группы преобразований входящих в них величин. Наличие симметрии приводит к тому, что для данной системы существует сохраняющаяся физ. величина (см. *Нётер теорема*). Т. о., если известны свойства симметрии системы, можно найти для неё законы сохранения, и наоборот.

Как отмечалось, законы сохранения энергии, импульса, угл. момента обладают всеобщностью. Это