Строки этой схемы отвечают неприводимым представлениям подгруппы SU(2). Вершина египетской пирамиды соответствует синглету, который обозначается символом Ω. Поправка для массы ищется по формуле $\Delta\Gamma = 3d \sum_{i,\, j=1}^{3} |x_{ij3}|^2$, где x_{ijk} — координаты симметрического тензора в базисе (ijk). Отсюда вытекают следующие формулы:

$$\Delta m(\Delta) = 0, \quad \Delta m(\Sigma^*) = d, \quad \Delta m(\Xi^*) = 2d, \quad \Delta m(\Omega) = 3d,$$

т. е. «закон эквидистантности» для строк египетской пирамиды. Иначе говоря, поправка к массе пропорциональна числу индексов, равных 3, в символе (ijk).

Для известных ранее частиц закон эквидистантности выполняется с хорошим приближением. Экспериментальное открытие Ω-гиперона в 1964 г. ([162]) также подтвердило все теоретические предположения. Таким образом, систематика элементарных частиц с точки зрения SU(3) сыграла здесь ту же роль, что и таблица Менделеева при открытии новых элементов.

Гипотеза SU(3)-симметрии позволила также объяснить ряд других закономерностей для адронов (соотношения между магнитными моментами барионов, интенсивность взаимодействия мезонов с барионами, вероятности ядерных реакций). За подробностями мы отсылаем читателя к специальной литературе. См., например, [150], [156], [157], [160].

§ 5. Некоторые проблемы

SU(3)-симметрия не позволяет учитывать такие важные характеристики частицы, как барионное число (определяется только $Y = B + S$), пространственный спин (группа $SO(3, \boldsymbol{R})$) и релятивистская инвариантность (неоднородная группа Лоренца). Все эти соображения привели к поискам более широких групп симметрии *). Рассматривались, в частности, компактная группа SU(6) и некомпактная группа $SL(2, \boldsymbol{C}) \times SL(2, \boldsymbol{C})$. О трудностях, возникающих на этом пути, см., например, [156]. Однако и в рамках SU(3) имеются некоторые неясности.

Тензорная алгебра группы SU(3) имеет две образующих — $\boldsymbol{d}_1$ и $\boldsymbol{d}_2$ (вектор и бивектор). Имеют ли эти представления реальный физический смысл? Если это так, то возникает гипотеза «праматерии», из элементов которой (по законам тензорных произведений) составляются известные элементарные частицы. Физики называют $\boldsymbol{d}_1$ и $\boldsymbol{d}_2$ соответственно «кварком» и «антикварком». Согласно общим формулам § 3 (этого добавления) эти частицы должны иметь дробные заряды и гиперзаряды (со знаменателем 3) по отношению к нуклонам. Экспериментально такие частицы до сих пор не обна-

*) Наряду с SU(3), т. е. с алгеброй Ли A_2, рассматривались также алгебры B_2 и G_2 ([156]). Однако рассмотрение A_2 приводит к лучшим результатам.

ружены. С математической точки зрения принятие SU(3) неизбежно влечет принятие $\boldsymbol{d}_1$, $\boldsymbol{d}_2$, однако возможно, что физический смысл имеет только группа $SU(3)/Z$, где Z — центр SU(3). Тогда представления $\boldsymbol{d}_1$, $\boldsymbol{d}_2$ автоматически исключаются *).

Теория унитарной симметрии возникла на базе незначительных экспериментальных данных, которые не позволяют пока судить о законах динамики элементарных частиц. Однако даже эти «неясные знаки» удалось подвергнуть расшифровке, основываясь на методах теории групп и их представлений. Это дает убедительный повод считать, что законы теории групп имеют глубокую связь с законами строения материи.

---

*) Аргументом в пользу реального существования кварков и антикварков является особая роль третьего тензорного индекса, на которой основан вывод формул Гелл-Манна — Окубо. Создается впечатление, что $\boldsymbol{d}_1$, $\boldsymbol{d}_2$ — реальные векторные поля, компоненты которых испытывают неодинаковое возмущение при переходе от ультрасильного к сильному взаимодействию. Заметим также, что генераторы E_{ij} группы SU(3) могут быть выражены в терминах операторов рождения и уничтожения для кварков и антикварков (см. § 57).