

рии предсказывалось Z-взаимодействие с нейтральными токами перехода странных частиц в частицы с нулевой странностью. Из-за таких нейтральных токов с изменением странности был бы возможен, например, распад $K^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$, причем вероятность этого распада была бы сравнимой по величине с вероятностью наблюдаемого $K^+ \rightarrow \mu^+\nu$ -распада. На опыте распад $K^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$ не наблюдался и с вероятностью на 8 порядков меньшей.

Чтобы спасти теорию Глешоу — Вайнберга — Салама от проблемы нейтральных токов с изменением странности, в ней приходилось предположить существование новых частиц, в состав которых входит новый четвертый с-кварк — очарованный кварк, похожий на u-кварк, как s-кварк похож на d-кварк.

Как показали в 1970 г. Глешоу, Иллиопулос и Майани, существование четвертого кварка обеспечивает дополнительную симметрию между слабыми переходами. Квантовая механика дает в этом случае два пути превращения K^0 в $\mu^+\mu^-$, и интерференция этих каналов такая, что эффект резко уменьшается. Более того, сколько бы слабых переходов ни происходило в данном квантовом процессе, симметрия между токами переходов u и s, а также с и d обеспечивает компенсацию переходов, вызывающих распады типа $K^0 \rightarrow \mu^+\mu^-$. Из-за разности масс u- и s-кварков компенсация не точная, но вероятность такого распада достаточно сильно подавлена.

Z-взаимодействие оказывалось чисто «диагональным». В теории Глешоу — Вайнберга — Салама нейтральные токи могли быть только процессами самопревращения частиц одного и того же типа, что и было подтверждено в эксперименте. Наблюдают нейтральные токи превращения $e \rightarrow e$, но не $e \rightarrow \mu$ и т. п.

В отличие от странных частиц, существование очарованных частиц было теоретически предсказано, и их открытие в середине 70-х гг. (почти за десятилетие до открытия W и Z) подтвердило, что принцип «бритвы Оккама» не следует превращать в принцип экономии на частицах.

Предварительные итоги

Теории сильного и слабого взаимодействия, построенные по аналогии с электродинамикой, составляют «жесткую сердцевину» наших современ-

ных знаний о микромире. Подведем некоторые итоги пятидесятилетнего развития этих представлений. По-видимому, прежде всего к таким итогам следует отнести углубление атомизма. Физика вышла на новый уровень фундаментального строения материи — на уровень составляющих нуклона — кварков. Другим важнейшим итогом является существование двух других, кроме электромагнитного, комплектов полей: слабого взаимодействия (W и Z) и глюонов. Между всеми тремя типами фундаментальных полей взаимодействия теория выявляет сходство.

Так оказалось возможным единообразно описать все три фундаментальных взаимодействия. Все эти взаимодействия обусловлены обменами векторными бозонами (частицами поля со спином 1). Источником всех полей взаимодействия являются заряды и токи соответствующих переходов. Все взаимодействия имеют сходную структуру: все они вызываются локальным взаимодействием заряда или тока перехода с бозоном, отвечающим данному взаимодействию. Несмотря на отличие в наблюдательных проявлениях, связанное с разными массами бозонов или типом заряда (например, цвета), основные законы всех взаимодействий схожи.

С другой стороны, поля слабого и сильного взаимодействия имеют свою специфику. Большая масса W - и Z -бозонов, наличие цветового самовзадействия глюонов приводят к огромным различиям в проявлениях всех взаимодействий: слабости и короткодействию W - и Z -взаимодействий и к конфайнменту цвета, так что единственным дальнедействующим полем остается электромагнитное поле. Отличием оказалась также специфика W - и Z -взаимодействий по отношению к четности.

Фактическим идейным итогом, привнесённым в физику мучительными поисками последнего пятидесятилетия, стало выявление сходства в описании трех фундаментальных взаимодействий. В остальном современная теория представляет собой сочетание релятивизма и квантовой механики. Ничего принципиально нового в ней нет.

Массы электрона, мюона, τ -лептона, кварков, заряды считаются в теории известными. Массы W и Z также, по сути дела, берутся из опытов. Значит, со-

временная теория элементарных частиц — это релятивистская теория частиц с заданными фундаментальными свойствами, связывающая одни экспериментальные данные с другими.

Такая теория принципиально не отличается от рассматривавшейся Гейзенбергом и Шредингером теории атома водорода, состоящего из электрона и протона, массы и заряды которых заданы.

Физикой пройдена очень важная ступень — но это ступень, а не вершина. Надо научиться вычислять массы частиц или хотя бы их отношения. Надо научиться вычислять безразмерные величины — заряды.

Характеризуя развитие физики за последние пятьдесят лет, следует, по-видимому, определить его как период, к которому не применимы слова Бора о «сумасшедшей теории» (см. с. 13). Даже такие, на первый взгляд «сумасшедшие», представления современной физики, как кварки или конфайнмент цвета, являются скорее «сумасшедшими результатами» весьма здравых теоретических построений, основанных на релятивистской квантовой теории взаимодействий, сходных по своей фундаментальной природе с электродинамикой.

Предсказание, которое потом подтверждается опытом, — высшая проверка теории. Открытие предсказанных теорией очарованных частиц, W - и Z -бозонов, кварковых и глюонных струй вселяет уверенность в надежность теорий Глешоу — Вайнберга — Салама и КХД.

Но нет сомнений в том, что развитие физики на этих теориях не кончается. И мы переходим к краткому наброску контуров такого развития, выходящего теоретической мыслью за пределы современного эксперимента.

Великое объединение

Экстраполяция тенденций изменения констант теорий Глешоу — Вайнберга — Салама и КХД в область сверхвысоких энергий (см. подробнее в книге « $\alpha\gamma \dots Z$ ») приводит к выводу, что при сверхвысоких энергиях все три взаимодействия можно описать одной константой (рис. 29). При этих энергиях