

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

разные частицы можно рассматривать как разные состояния одной и той же частицы. Оказываются возможными любые переходы между частицами, между лептонами и кварками. Переходы между кварками различных цветов ведут к существованию цветового взаимодействия. Переходы между e и ν_e (u и d) — к существованию слабого взаимодействия. Но можно, отвлекаясь от масс, говорить об общем сходстве кварков и лептонов. Такое сходство позволяет ввести ранее неизвестные векторные взаимодействия, связанные с превращением кварков в лептоны или кварков в антикварки. Эти соображения подготовили почву для следующего шага в развитии идей физики.

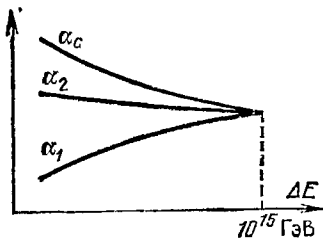


Рис. 29. Экстраполяция к очень большим переданным энергиям зависимости «бегущих» констант электро-слабого и сильного взаимодействия от переданной энергии приводит к пересечению всех трех констант (двух констант теории электрослабого взаимодействия α_1 и α_2) и константы КХД α_s в одной точке при энергиях 10^{15} ГэВ

В теории, предложенной в 1975 г. Джорджи и Глешоу, предсказывались 24 типа различных переходов между частицами. 12 из них нам уже знакомы. Это переходы — источники электромагнитного поля, трех полей (W^- , W^+ и Z) слабого взаимодействия и восьми цветовых состояний глюонного поля. Итого $1 + 3 + 1 + 8 = 12$. Но появляются еще 12 новых типов переходов между лептонами и кварками. Переходов, в которых не сохраняется по отдельности ни барионное,

ни лептонное число. Переходов — источников «баролептонных» полей, действие которых приводит к процессам превращения кварков в лептоны. Например, к превращениям $u\bar{d} \rightarrow \bar{d}e^+$ или $d\bar{u} \rightarrow \nu\bar{d}$ внутри протона. Из-за таких превращений, вызываемых действием «баролептонного» поля, могут осуществляться крайне маловероятные процессы распада протона $p \rightarrow e^+\pi^0$ или $p \rightarrow \pi^+\nu$.

Кварк-лептонные переходы, источники баролептонных полей, в полную силу могут разыгрываться только при полной симметрии всех взаимодействий. Но такая симметрия может достигаться только при сверх-

высоких энергиях. Теория полагается инвариантной относительно всех типов переходов, но так как экспериментально известно, что кварк-лептонные переходы очень маловероятны, для объяснения нужно предполагать, что кванты баролептонного поля должны быть очень массивными. Их масса должна быть в 10^{15} раз больше, чем масса протона, в 10^{13} раз превышать массу W- и Z-бозонов — квантов поля слабого взаимодействия. Поэтому распад протона оказывается очень маловероятным. А время жизни — очень большим.

Поначалу все сходилась очень удачно для теории Джорджи — Глешоу. Точка пересечения всех констант отвечала энергии 10^{15} ГэВ. Этим же значением характеризовалась и энергия покоя кванта баролептонного поля. Вероятность рождения такого кванта внутри протона была очень малой, отвечала времени жизни протона 10^{31} лет.

К началу 80-х гг. ограничения на вероятность распада протона были более слабыми: из отсутствия наблюдаемых событий распада был установлен нижний предел на время жизни протона 10^{30} лет.

Время жизни частицы — характеристика вероятности ее распада. Время жизни 10^{31} лет означает, что в 10 тоннах вещества за год должен распасться один протон.

Казалось, близко уже и окончательное подтверждение теории Джорджи — Глешоу.

Детальный теоретический анализ ожидаемой вероятности распада протона показывал, что в этой теории время жизни протона не может превышать 10^{31} лет. Физики обратились к большим объемам вещества и, окружив их детекторами, ожидали сигналов от продуктов распада. Но ожидания не оправдывались. К середине 1984 г. нижний предел на время жизни протона составил уже 10^{32} лет. Теория Джорджи — Глешоу такому ограничению не удовлетворяла. Но, наверное, этому и не следует удивляться. Было бы странно, если бы простейший вариант далекой экстраполяции к сверхвысоким энергиям оказался абсолютно точным.

В своем рассказе мы подошли к сегодняшнему дню развития физики. С его надеждой на возможность

построения единой теории всех взаимодействий. Это пока надежда. Общеизвестной теории Великого объединения пока нет. Поэтому сейчас мы просто расскажем об одной красивой теоретической идее, к которой физики-теоретики постоянно возвращаются на протяжении последних 60 лет. Эта идея вселяет надежду на то, что может быть создана единая теория вообще всех фундаментальных взаимодействий, включая гравитацию.