

может принимать целые или полуцелые значения. Понятие изоспина первоначально было введено лишь для нуклона и пиона. В этом случае T_3 следующим образом связано с величиной электрического заряда частицы:

$$Q = T_3 + 1/2(B). \quad (129,1)$$

8. После открытия К-мезонов и гиперонов (так называемых странных частиц) возникла необходимость в модификации предыдущей формулы:

$$Q = T_3 + 1/2(B + S) \quad (129,2)$$

(соотношение Гелл-Манна — Нишиджимы). Новое квантовое число S получило название *странности*. В широком круге явлений, например, в реакциях рождения адронов, странность сохраняется, что сразу же позволило объяснить некоторые непонятные особенности этих процессов (скажем, то, что странные частицы всегда рождаются парами). В последние годы вместо странности физики предпочитают использовать другое квантовое число — *гиперзаряд* Y , тесно связанный с S :

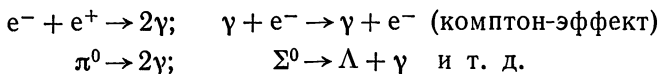
$$Y = B + S. \quad (129,3)$$

На некоторых других квантовых числах, которые вводятся для характеристики элементарных частиц (временная и зарядовая четности, G -четность, мюонный заряд и т. д.), мы останавливаться не будем.

§ 130. Типы взаимодействий элементарных частиц

Элементарные частицы могут участвовать в самых различных взаимодействиях: частица аннигилирует с античастицей, при столкновении быстрых частиц происходит их рассеяние и рождаются новые частицы, многие частицы нестабильны и распадаются и т. д. В настоящее время известно четыре типа взаимодействия элементарных частиц, резко различающихся друг от друга интенсивностью и другими свойствами.

1. *Электромагнитное* взаимодействие — взаимодействие заряженных частиц с фотонами, а через их посредство и друг с другом. За счет виртуальных процессов в электромагнитном взаимодействии могут принимать участие и нейтральные частицы. Примерами реакций, которые вызывают электромагнитное взаимодействие, являются превращения:



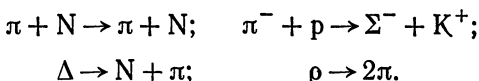
Электромагнитное взаимодействие имеет бесконечный радиус действия; для реакций, которые оно вызывает, характерны

времена 10^{-16} — 10^{-14} сек. Интенсивность электромагнитного взаимодействия определяется зарядом частицы или безразмерной константой связи, в качестве которой в данном случае выступает постоянная тонкой структуры

$$\alpha = e^2/\hbar c = 1/137.$$

Ее малость позволяет рассматривать электромагнитное взаимодействие как возмущение, чем и объясняются успехи квантовой электродинамики (см. гл. XIV).

2. *Сильное* взаимодействие — взаимодействие адронов, ответственное за их рассеяние, за реакции образования и за распады резонансов. Типичные примеры:

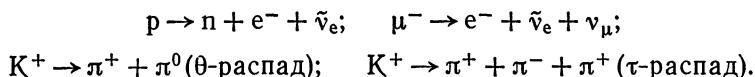


Сильное взаимодействие является короткодействующим — радиус действия порядка 10^{-13} см; для него характерны времена 10^{-24} — 10^{-23} сек. Интенсивность сильного взаимодействия характеризуется определенной величиной g , являющейся аналогом электрического заряда. Для взаимодействия π -мезонов с нуклонами безразмерная константа связи равна

$$g^2/\hbar c \cong 14,$$

так что сильное взаимодействие на три порядка интенсивнее электромагнитного. Поэтому при его анализе теория возмущений непригодна. Законченной теории сильных взаимодействий до сих пор не существует.

3. *Слабое* взаимодействие ответственно за медленные распады элементарных частиц, например,



Оно же в принципе может вызывать и другие реакции (например, рассеяние нейтрино на электроне), но подобные процессы имеют чрезвычайно малые сечения и экспериментально не наблюдались. Слабое взаимодействие еще более короткодействующее, чем сильное (возможно, что радиус его действия имеет порядок 10^{-17} см); характерные времена равны 10^{-10} — 10^{-6} сек. Для характеристики интенсивности слабого взаимодействия нельзя ввести столь же естественную безразмерную комбинацию, как это было в предыдущих случаях. Это связано с тем, что аналог электрического заряда, так называемая фермиевская константа G , имеет размерность, отличную от размерности e .

В безразмерную константу слабого взаимодействия обязательно должна входить некоторая масса. Если взять массу μ -мезона, то

$$G^2 (\hbar c)^{-2} (\hbar/\mu c)^{-4} \cong 5 \cdot 10^{-14},$$

т. е. слабое взаимодействие примерно на 11 порядков менее интенсивно, чем электромагнитное. Тем не менее, строго говоря, теорию возмущений в этом случае применять нельзя, так как слабое взаимодействие неперенормируемо.

4. *Гравитационное* взаимодействие характеризуется чрезвычайно малой безразмерной константой связи

$$\kappa M^2/\hbar c = 2 \cdot 10^{-39}$$

(κ — гравитационная постоянная, M — масса нуклона), что позволяет не учитывать его на современном этапе развития теории элементарных частиц.

Перечисленные взаимодействия различаются не только интенсивностью, но и свойственными им законами сохранения, что по-видимому, является даже более существенным. Во всех взаимодействиях сохраняется энергия — импульс, угловой момент, электрический заряд и барионное и лептонное числа. Однако для изоспина T , его проекции T_3 , странности S (или гиперзаряда Y) и четности P универсальных законов сохранения не существует.

1. Сильное взаимодействие наиболее симметрично — в обусловленных им реакциях сохраняются все указанные квантовые числа. В частности, закон сохранения изоспина является выражением зарядовой независимости: все члены одного изомультиплета по отношению к сильным взаимодействиям ведут себя одинаковым образом.

2. Включение электромагнитного взаимодействия нарушает эквивалентность частиц, входящих в один изомультиплет, так как они обладают разными зарядами. По-видимому, именно оно ответственно за существование небольшого различия в массах этих частиц. Так как включение электромагнитного взаимодействия выделяет определенное направление в изопространстве, то полный изоспин T уже не будет сохраняться, но его проекция T_3 еще сохраняется. Выполняются также законы сохранения странности S и четности P .

3. Слабое взаимодействие наименее симметрично. В соответствующих ему реакциях не сохраняется ни одно из четырех указанных квантовых чисел. В частности, больше не справедлив закон сохранения четности. Мало того, слабое взаимодействие, по-видимому, не инвариантно и относительно обращения времени (см. § 122).