

Скорость суммарного испускания определяется выражением

$$R = R^- + R^0 = \frac{N_0}{\tau} e^{-t/\tau} \quad (22)$$

с учетом выражения (19). Какой бы тип распада мы ни наблюдали, показательная функция будет одна и та же. Частица имеет только одно значение среднего времени жизни — независимо от числа различных типов ее распада и независимо от того, какой именно тип используется для количественного исследования распада.

Если не считать электростатического взаимодействия заряженных частиц, силы взаимодействия между элементарными частицами становятся малыми, когда расстояние между ними превышает $2 \cdot 10^{-13}$ см. Поэтому даже при вылете продуктов распада нестабильной частицы со скоростью света требуется около $(2 \cdot 10^{-13}/c) \approx \approx 10^{-23}$ сек, прежде чем распад можно считать безвозвратным и законченным.

Частица, распадающаяся за время, соизмеримое с 10^{-23} сек, вряд ли заслуживает названия «частица». Такой промежуток времени потребовался бы для разделения разлетающихся частиц и в том случае, если бы они вовсе не были перед этим связаны в одной частице. Указанный промежуток времени (10^{-23} сек) составляет естественный эталон, по сравнению с которым распады можно в известном смысле подразделять на быстрые и медленные. Из приведенной выше таблицы видно, что все указанные там распады (за исключением распадов π^0 -мезонов и Σ^0 -барионов, сводящихся просто к испусканию фотона) в высшей степени медленны по сравнению с 10^{-23} сек, причем средние времена жизни находятся в пределах от 17 мин (для нейтрона) до 10^{-10} сек (для Λ - или Σ^{\pm} -барионов). Обычно, чем выше кинетическая энергия, имеющаяся для образования продуктов распада, тем быстрее распад. По сравнению с промежуток времени, достаточным для лабораторных измерений, даже долгоживущие частицы со средним временем жизни порядка 10^{-10} сек существуют так недолго, что проблема изучения свойств этих нестабильных элементарных частиц требует специальных методов, аппаратуры и большой изобретательности.

15.5. Прочие характеристики

Масса, заряд и время жизни не исчерпывают измеримых величин, характеризующих свойства элементарных частиц, подобно тому как эти три величины не дают полной характеристики обычных макроскопических объектов. Они, однако, большей частью измеряются раньше других и в большинстве случаев служат единственными отличительными признаками той или иной элементарной частицы.

Большинство элементарных частиц может классифицироваться по особым группам (мультиплетам). Имеются, например, три пиона — π^+ , π^0 , π^- — почти одинаковой массы (см. таблицу) и поразитель-

тельно сходные по свойствам, если не считать заряда. Однако не существует частиц π^{++} , π^{--} и т. п.; пионы встречаются в виде триплетных разновидностей. С другой стороны, нуклоны образуют дублет — p и n (или, вернее, пару дублетов, поскольку существуют антипротон \bar{p} и антинейтрон \bar{n}). И в этой группе также не существует многозарядных частиц (многозарядных нуклонов). E -частицы также распадаются на пару дублетов. То же самое относится к K -частицам. Но Λ -частица образует синглет, а частицы Σ^+ , Σ^0 и Σ^- — триплет.

Частицы с массой мюонов и более легкие (μ , e , ν) называются *лептонами* (легкими частицами); частицы с промежуточными (между лептонами и нуклонами) массами называются *мезонами* (промежуточными частицами), а нуклоны и более тяжелые частицы (p , n , Λ , Σ^+ , Σ^0 , Σ^- , Ξ^0 , Ξ^- , Ω^-) называются *барионами* (тяжелыми частицами). При рассмотрении взаимодействий между элементарными частицами эта широкая классификация весьма удобна. (Например, во *всех* реакциях разность чисел барионов и антибарионов остается постоянной. Это не соблюдается для мезонов, но, по-видимому, соблюдается также для лептонов.)

Многие элементарные частицы вращаются вокруг собственной оси подобно Земле, с той, однако, разницей, что для элементарных частиц это движение описывается квантовой механикой. Мы здесь ограничимся самой краткой формулировкой проистекающего отсюда результата: все лептоны и долгоживущие барионы, по-видимому, имеют один и тот же собственный момент импульса $\frac{1}{2}\hbar$, тогда как долгоживущие мезоны не имеют его вовсе.

В среднем (во времени) заряд элементарной частицы распределен по всей частице. Во всяком «деликатном» опыте, который сам по себе не разрывает частицу, измеримыми являются только средние значения величины, поскольку измерения не могут быть мгновенными. (Здесь опять именно квантовая механика ограничивает наши возможности описания строения элементарной частицы.) Экспериментальные данные по распределению заряда для протона, нейтрона и электрона доставляют веское доказательство точечного характера заряда электрона, по крайней мере с точностью до 10^{-14} см, тогда как протон и нейтрон проявляют себя как более сложные структуры с зарядом, распределенным внутри сферы радиусом около 10^{-13} см. У лептонов магнитный момент (определение которого будет дано в т. II) возрастает обратно пропорционально массе, за исключением ν - и $\bar{\nu}$ -частиц, у которых нет измеримых собственных магнитных моментов. В принципе можно измерять не только напряженность магнитного поля, но и получать точное распределение образующих это поле токов. Одним из крупнейших достижений релятивистской квантовой теории является успешное предсказание величины напряженности (впоследствии измеренной) собственного магнитного поля электрона — предсказание, сделанное с точностью до 0,001%, т. е. с ошибкой, меньшей погрешности современных измерений.