

тарные частицы и их основные характеристики<sup>1</sup>. Все они делятся на два различных класса — *фермионы*, — частицы с полуцелым спином, и *бозоны*, — частицы с целым спином (в том числе и со спином нуль). Совокупность фермионов подчиняется статистическим законам Ферми — Дирака, совокупность бозонов описывается статистикой Бозе — Эйнштейна.

Прочие известные нам свойства элементарных частиц позволяют разделить их на четыре группы:

а) фотоны —  $\gamma$ -кванты электромагнитного поля, они имеют массу покоя, равную нулю, спин, равный  $1 \hbar$ , и участвуют только в электромагнитных взаимодействиях;

б) лептоны — относительно легкие частицы со спином, равным  $1/2 \hbar$ , слабодействующие друг с другом и со всеми частицами, в эту группу входят частицы:  $e^-$ ,  $\mu^-$ ,  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$  — и соответствующие им античастицы:  $e^+$ ,  $\mu^+$ ,  $\bar{\nu}_e$ ,  $\bar{\nu}_\mu$  (кроме слабых взаимодействий электроны и мюоны участвуют и в электромагнитных взаимодействиях);

в) мезоны — нестабильные, бесспиновые частицы, имеющие массу, промежуточную между массами электронов и протонов и сильнодействующие с барионами и друг с другом; существуют три группы мезонов:  $\pi$ -мезоны ( $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $\pi^0$ ),  $K$ -мезоны ( $K^+$ ,  $K^-$ ,  $K^0$ ,  $\bar{K}^0$ ) и  $\eta$ -мезоны;

г) барионы — сильнодействующие частицы со спином  $1/2 \hbar$  и с массой, равной или превышающей массу протона; все они обладают ядерным зарядом, возбуждающим поле ядерных сил; барионами являются нуклоны и антинуклоны ( $p$ ,  $\bar{p}$ ,  $n$ ,  $\bar{n}$ ), гипероны и антигипероны ( $\Lambda^0$ ,  $\bar{\Lambda}^0$ ,  $\Sigma^-$ ,  $\Sigma^0$ ,  $\Sigma^+$ ,  $\Sigma^-$ ,  $\Sigma^0$ ,  $\Sigma^+$ ,  $\Xi^-$ ,  $\Xi^0$ ,  $\Xi^-$ ,  $\Xi^0$ ,  $\Omega^-$ ,  $\bar{\Omega}^-$ ). Нуклоны обычно обозначаются буквой  $N$ , а гипероны —  $Y$ . В последнее время для всех частиц, испытывающих сильное взаимодействие и входящих в группы  $v$  и  $g$  становится употребительным также общее наименование — *адроны*.

Уже из приведенной выше классификации вытекает необходимость введения некоторых дополнительных характеристик частиц, которые нужны для объяснения законов их взаимодействия.

## § 47. РЕАКЦИИ МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ

При реакциях между частицами выполняются общие законы сохранения, являющиеся следствием некоторой инвариантности и симметрии в природе. Как известно, в любом физическом процессе должны оставаться неизменными:

- а) полный электрический заряд —  $Q$ ;
- б) полная энергия —  $E$ ;

<sup>1</sup> Резонансы лишь для удобства рассмотрения представлены в табл. 9. Бозонные резонансы должны быть включены в группу мезонов, а барионные — в группу барионов.

в) полный импульс —  $p$ ;

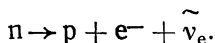
г) момент количества движения —  $M$ .

Отметим еще две особенности реакций между элементарными частицами, которые имеют значение общих законов.

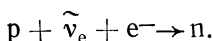
*Во-первых*, реакции обратимы. Если одна частица распадается на две другие, то можно ожидать, что и обратно данная пара может соединиться, образовав первоначальную частицу.

*Во-вторых*, испускание частицы сопоставляется поглощению соответствующей античастицы (зная вероятность одного из этих процессов, можно найти вероятность другого). При переносе частицы из правой части уравнения реакции в левую или наоборот ее надо заменить античастицей.

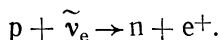
Рассмотрим в качестве примера процесс  $\beta$ -распада:



Поскольку нейтрон превращается в протон, испуская электрон и антинейтрино, можно ожидать существования обратной реакции, в которой протон поглощает электрон и антинейтринс, превращаясь в нейтрон:



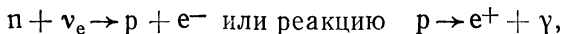
Кроме того, поскольку поглощение электрона соответствует испусканию позитрона, должна существовать и реакция



Эта реакция и была использована для обнаружения антинейтрино в опыте Рейнеса и Коузена (§ 34).

Эти правила позволяют создать своего рода «алгебру» для решения задач физики элементарных частиц

Однако наши знания еще столь неполны, что подобная цепь чисто формальных рассуждений в ряде случаев может привести и к ошибочным результатам. Например, перечисленные выше законы сохранения не запрещают реакцию



которые в природе не наблюдаются.

Следовательно, в мире элементарных частиц существуют какие-то характеристики и законы, которые мы пока еще не учли.

## § 48. ВНУТРЕННИЕ СВОЙСТВА ЧАСТИЦ

Помимо известных ранее характеристик: массы —  $m$ , электрического заряда —  $Q$ , спина  $s^1$ , времени жизни —  $\tau$  — за послед-

<sup>1</sup> Здесь и далее спин обозначается буквой  $s$ , чтобы отличить от странности.