

$n \rightarrow p + w$; $w \rightarrow e^- + \tilde{\nu}$. Однако поиски этой частицы не увенчались успехом.

Эффективные сечения слабых взаимодействий вплоть до энергии порядка 10^{10} эв (в системе центра инерции) растут с энергией.

Многие частицы испытывают все перечисленные виды взаимодействия. Так, например, протон, являясь сильновзаимодействующей частицей, обладает электрическим зарядом и испытывает действие электромагнитных сил. Протон может образоваться при β -распаде нейтрона, хотя этот процесс обусловлен слабым взаимодействием. Следовательно, для протона надо учитывать и слабое взаимодействие.

В той степени, в какой можно пренебрегать слабыми взаимодействиями, нейтрон можно считать элементарным, устойчивым и неделимым. Точно так же в той степени, в которой можно пренебрегать электромагнитными взаимодействиями, протон и нейтрон тождественны. Казалось бы, что элементарным, т. е. наиболее простым частицам должно быть свойственно минимальное число взаимодействий, в которых они могут участвовать. Нейтрино, например, участвует только в слабых взаимодействиях.

Однако сам термин «элементарная частица» потерял свой простой и наглядный смысл применительно к известным частицам материи, и вопрос о критерии «элементарности» до сих пор не решен. Возможно, что ныне известные частицы на самом деле не элементарны, а являются производными от ограниченного числа «истинно» элементарных частиц, а возможно, что каждая частица представляет собой конгломерат всех остальных частиц и концепция элементарности в обычном ее понимании становится неприменимой к миру мельчайших частиц материи. В связи с этим все чаще встречается термин «фундаментальные» частицы.

Во всех рассуждениях здесь опускались гравитационные силы, которые на малых расстояниях примерно в 10^{-36} раз слабее ядерных сил. Можно надеяться, что в будущем теория элементарных частиц включит все виды взаимодействия и установит связь между ними.

§ 46. КЛАССИФИКАЦИЯ ЧАСТИЦ

Из приведенного выше краткого обзора видно, что в настоящее время известно большое количество элементарных частиц, обладающих самыми различными свойствами. Можно ожидать, что попытки классифицировать их по некоторым общим признакам позволят найти общие закономерности, связанные со структурой и поведением частиц, и предсказать еще неоткрытые частицы, как это было сделано Менделеевым в отношении химических элементов.

В приведенной ниже табл. 5 представлены известные элемен-

Класс	Подкласс	Частица	Античастица	Масса, $M_{эв}$	Время жизни, сек
Фотон		γ		0	стабилен
Лептоны		ν_e	$\bar{\nu}_e$	$0(<6 \cdot 10^{-6})$	стабилен
		ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	$0(<1,6 \cdot 10^{-6})$	стабилен
		e^-	e^+	0,511	стабилен
	Мюоны	μ^-	μ^+	105,7	$2,2 \cdot 10^{-6}$
Мезоны	Пионы	π^+	π^-	139,6	$2,60 \cdot 10^{-8}$
		π^0		135	$2,076 \cdot 10^{-16}$
	Каоны	K^+	K^-	493,8	$1,23 \cdot 10^{-8}$
		K^0	\bar{K}^0	498	$K_1^0(0,9 \cdot 10^{-10})$ $K_2^0(5,4 \cdot 10^{-8})$
	Этон	η		548,7	$\sim 10^{-19}$
Барионы	Нуклоны	p	\bar{p}	938,26	стабилен
		n	\bar{n}	939,55	$1,01 \cdot 10^8$
	Гипероны	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	1115,6	$2,51 \cdot 10^{-10}$
		Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	1189,4	$0,80 \cdot 10^{-10}$
		Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	1192,5	$1,0 \cdot 10^{-14}$
		Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	1197,3	$1,49 \cdot 10^{-10}$
		Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	1314,7	$3,03 \cdot 10^{-10}$
		Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	1321	$1,66 \cdot 10^{-10}$
		Ω^-	$\bar{\Omega}^-*$	1672,5	$1,3 \cdot 10^{-10}$

* Еще не открыт.

Примечание. Знаки электрических, лептонных, барионных зарядов и странно тичастицы зарядово сопряжена частице, приведенной в таблице.

Таблица 5

Спин	Изотопический спин	Электрический заряд	Лептонный заряд	Барионный заряд	Странность	Преобладающая схема распада
1		0	0	0		
1/2		0	+1	0		
1/2		0	+1	0		
1/2		-1	+1	0		
1/2		-1	+1	0		$\mu^- \rightarrow e^- + \nu_\mu + \bar{\nu}_e$
0	1	+1	0	0	0	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
0	1	0	0	0	0	$\pi^0 \rightarrow 2\gamma$
0	1/2	+1	0	0	+1	$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$
0	1/2	0	0	0	+1	$K_1^0 \rightarrow 2\pi; K_2^0 \rightarrow 3\pi$
0	0	0	0	0	0	$\eta \rightarrow 3\pi$
1/2	1/2	+1	0	+1	0	
1/2	1/2	0	0	+1	0	$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$
1/2	0	0	0	+1	-1	$\Lambda^0 \rightarrow p + \pi^-$
1/2	1	+1	0	+1	-1	$\Sigma^+ \rightarrow N + \pi$
1/2	1	0	0	+1	-1	$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$
1/2	1	-1	0	+1	-1	$\Sigma^- \rightarrow n + \pi^-$
1/2	1/2	0	0	+1	-2	$\Xi^0 \rightarrow \Lambda^0 + \pi^0$
1/2	1/2	-1	0	+1	-2	$\Xi^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$
3/2	0	-1	0	+1	-3	$\Omega^- \rightarrow \Xi^0 + \pi^-$

сти указаны для частиц, для античастиц они противоположны. Схема распада ан-

тарные частицы и их основные характеристики¹. 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 — γ -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^- , μ^- , ν_e , ν_μ — и соответствующие им античастицы: e^+ , μ^+ , $\bar{\nu}_e$, $\bar{\nu}_\mu$ (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: π -мезоны (π^+ , π^- , π^0), K -мезоны (K^+ , K^- , K^0 , \bar{K}^0) и η -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 (Λ^0 , $\bar{\Lambda}^0$, Σ^- , Σ^0 , Σ^+ , Σ^- , Σ^0 , Σ^+ , Ξ^- , Ξ^0 , Ξ^- , Ξ^0 , Ω^- , $\bar{\Omega}^-$). 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 ;

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