

► По правилам МАГАТЭ (Международное Агентство по Атомной Энергии), предельная доза облучения составляет 5 мЗв в год для населения и 0,05 Зв в год для людей вредных профессий (не считая фонового излучения). В Республике Беларусь с 28 декабря 2012 г. введены следующие Нормы радиационной безопасности. Основным пределом доз для населения является эффективная доза, равная 1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год или эффективная доза за период жизни (70 лет) — 70 мЗв. Эквивалентные дозы за год: в хрусталике глаза — 15 мЗв; в коже, кистях и стопах — 50 мЗв.



1. Какое излучение называют ионизирующим?
2. В чем проявляется биологическое воздействие ионизирующего излучения на живые организмы?
3. Какое излучение обладает наибольшей проникающей способностью?
4. К каким последствиям может привести облучение человека ионизирующим излучением?
5. Что является основными естественными источниками ионизирующего излучения?
6. Чем занимается дозиметрия?
7. Дайте определение поглощенной дозы излучения. Что является единицей измерения поглощенной дозы в СИ?
8. Что такое эквивалентная доза? Что является единицей эквивалентной дозы в СИ?
9. Что такое эффективная доза? Что является единицей эффективной дозы в СИ?
10. Какие внесистемные единицы используются для измерения поглощенной и эквивалентной доз?
11. Какие из естественных внутренних источников ионизирующего излучения являются наиболее опасными?
12. Какие органы человека являются наиболее чувствительными к поражению ионизирующим излучением?

## § 44. Элементарные частицы и их взаимодействия

- Долгое время протон, нейтрон и электрон считались незыблемыми «кирпичиками» материи. Однако по мере открытия новых частиц перед физиками встала проблема их классификации: сколько всего «кирпичиков» материи, какие из них являются простейшими, а какие имеют сложную структуру, т. е. образованы из других частиц. Как частицы взаимодействуют между собой? Как они распадаются?



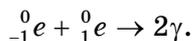
Каждый электрон характеризуется собственным механическим моментом движения, который называется спином (от англ. spin — вращать).

Вплоть до конца XIX в. атомы считались неделимыми «кирпичиками» материи. Но в конце XIX — начале XX в. учеными было установлено сложное строение атомов и раскрыта структура ядер. Открыты новые частицы — электроны, фотоны, протоны и нейтроны, которые определяют свойства атомов и ядер и их взаимодействие. Именно они уже, а не атомы являлись простейшими неделимыми частицами, их нужно было считать «кирпичиками мироздания».

В 1932 г. была открыта новая частица и первая античастица — позитрон. Хотя еще в 1928 г. английский физик П. Дирак, исходя из разработанной им релятивистской теории движения электрона, предсказал, что должен существовать «двойник» электрона, имеющий положительный заряд. Позитрон явился первой обнаруженной античастицей. В 1955 г. был открыт — антипротон, а 1956 г. — антинейтрон. В том же году была открыта еще одна новая частица — нейтрино.

Существование позитрона (от лат. *positus* — положительный), предсказанного Полем Дираком, в 1932 г. доказал американский физик К. Андерсон, исследуя космические лучи.

При столкновении медленно движущихся электрона и позитрона они аннигилируют (от лат. *nihil* — ничто) и возникают обычно два фотона (рис. 231, а):



Образование при аннигиляции именно двух (редко трех) фотонов является следствием закона сохранения импульса и энергии.

Возможен и обратный процесс рождения электронно-позитронной пары в поле ядра за счет энергии фотона:

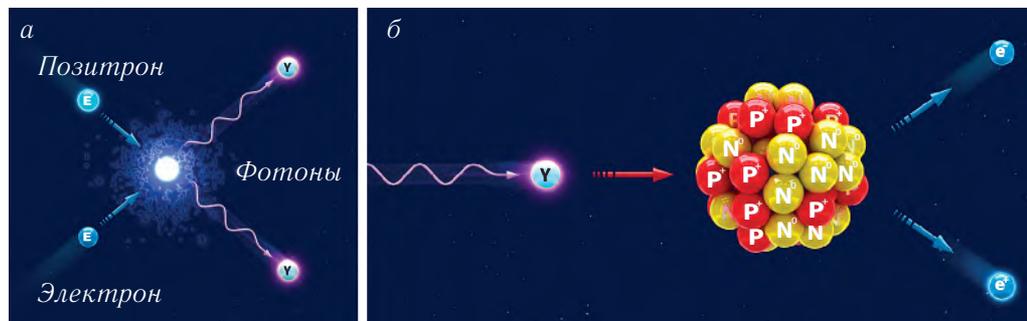
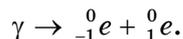


Рис. 231. а — аннигиляция электрона и позитрона при столкновении; б — рождение электронно-позитронной пары из  $\gamma$ -кванта в поле ядра

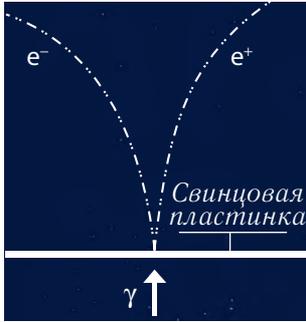


Рис. 232. Рождение электронно-позитронной пары из  $\gamma$ -кванта — при прохождении квантов через свинцовую пластинку

Схематическое изображение такого процесса показано на рисунке 231, б. На рисунке 232 показано рождение пары электрон-позитрон в свинцовой пластинке, которая облучается  $\gamma$ -квантами.

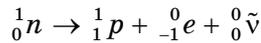
Вскоре был сформулирован принцип зарядового сопряжения: каждая заряженная частица имеет античастицу. Этот принцип распространяется на нейтральные частицы — нейтрон и нейтрино.

Следовательно, фактически половину всех элементарных частиц составляют античастицы.

В том же 1932 г. при исследовании  $\beta^+$ -распада была открыта еще одна новая частица — нейтрино.

Ученым при исследовании особенностей  $\beta^+$ -распада, а также свойств нейтрино (антинейтрино) впервые пришлось иметь дело с еще одним видом фундаментального взаимодействия — *слабым взаимодействием*. Оно проявляется при взаимопревращениях элементарных частиц. Для характеристики слабых взаимодействий вводится квантовое число — *лептонный заряд*, обозначаемый латинской буквой  $L$ . Необходимость введения лептонного заряда обусловлена тем, что до сих пор не обнаружено ни одного явления, в котором не выполняется *закон сохранения лептонного заряда: сумма лептонных зарядов до и после взаимодействия сохраняется*. Лептонный заряд представляет собой безразмерное целое число. У всех лептонов (частиц и античастиц)  $L = \pm 1$ , а у частиц, не являющихся лептонами (например, нуклонов),  $L = 0$ . Нейтрино, так же как и электрон, относят к классу *лептонов*.

Рассмотрим реакции  $\beta^+$  превращений. Из закона сохранения лептонного заряда для уравнения реакции распада нейтрона:



следует:

$$0 = 0 + 1 + L.$$

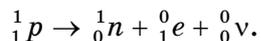
Откуда находим:

$$L = -1.$$

Таким образом, лептонный заряд нейтрино в данной реакции отрицателен. Следовательно, как вытекает из определения лептонов,

в процессе  $\beta^-$ -распада ядра рождается не нейтрино, а *антинейтрино*  $\bar{\nu}$  (см. рис. 216).

Отметим, что свободный протон, в отличие от нейтрона, стабилен. Однако в ядре становится возможным  $\beta^+$  превращение протона в нейтрон с испусканием *позитрона* и *нейтрино*:



Это следует из закона сохранения лептонного заряда, т. к.

$$0 = 0 - 1 + L,$$

откуда  $L = +1$ .

Таким образом, при электронном распаде возникает антинейтрино  $\bar{\nu}$ , при позитронном распаде — нейтрино  $\nu$ . Это обусловлено фундаментальным законом сохранения лептонного заряда.

Прежде чем перейти к классификации частиц, необходимо дать определение того, что понимается в настоящее время под элементарной частицей.

**Элементарными** называют частицы, которые на современном уровне развития физики можно считать первичными неразложимыми далее частицами, и из них построена вся материя. Неделимость элементарных частиц не означает, что у них отсутствует внутренняя структура.

Элементарные частицы способны взаимодействовать друг с другом. Для всех элементарных частиц характерна способность возникать и поглощаться (рождаться и уничтожаться) при взаимодействии с другими частицами. Например, хотя нейтрон и не состоит из протона, электрона и антинейтрино, но он может превращаться в указанные частицы при взаимодействиях.

Общими характеристиками всех элементарных частиц является масса, среднее время жизни, электрический заряд и спин.

Различие в массах частиц получило отражение в названиях типов частиц: **лептоны** (от греч.  $\lambda\epsilon\pi\tau\omicron\varsigma$  (лептос) — легкий), **мезоны** (от греч.  $\mu\epsilon\sigma\omicron\varsigma$  (мезос) — средний), **барионы** (от греч.  $\beta\alpha\rho\upsilon\varsigma$  (барис) — тяжелый). Однако в дальнейшем оказалось, что такая классификация не отражает всех свойств элементарных частиц.

Электрические заряды элементарных частиц являются кратными величине элементарного электрического заряда.

Спин элементарных частиц является целым или полуцелым и кратным постоянной Планка  $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ .

В 50-х гг. XX в. было обнаружено, что в ядерных реакциях могут рождаться новые виды частиц, если бомбардирующая частица обладает достаточной энергией. Общее число элементарных частиц с античастицами около 500, и их количество увеличивается с каждым годом. Из них 30 относительно стабильные со средним временем жизни не менее  $10^{-17}$  с и более 400 — короткоживущие, со средним временем жизни  $10^{-23}$  с. Время жизни зависит от природы взаимодействия.

В зависимости от времени жизни элементарные частицы делятся на *стабильные, квазистабильные и нестабильные (резонансы)*.

Если распад обусловлен сильным взаимодействием, то среднее время жизни частицы оказывается очень малым ( $10^{-22}$ — $10^{-24}$  с), и исторически они были названы (нестабильными) *резонансами*.

При распаде, обусловленном слабым взаимодействием, среднее время жизни частиц  $\geq 10^{-10}$  с, при электромагнитном взаимодействии —  $10^{-16}$ — $10^{-19}$  с. Такие частицы называются *квазистабильными*.

*Стабильными* в пределах точности современных измерений являются **электрон, протон, фотон и нейтрино**.

Изучением их свойств и взаимодействий занимаются в разделе физики, называемом *физикой элементарных частиц*.

▶ Электрический заряд частиц в ядерной физике принято также выражать не в кулонах, а в виде целого числа, показывающего, сколько элементарных зарядов составляют заряд данной частицы  $\left( Z = \frac{q}{e} \right)$ . Поэтому для протона заряд равен +1, для электрона −1, а для атомного ядра —  $Z$ .



1. Какая античастица была открыта первой?
2. Все ли элементарные частицы имеют античастицу?
3. Чем отличается античастица от частицы?
4. Какая частица называется элементарной?
5. Какие частицы являются стабильными?
6. Какие частицы относятся к квазистабильным и нестабильным (резонансам)?



§44-1

## САМОЕ ВАЖНОЕ В ГЛАВЕ 7

Ядерная физика изучает атомные ядра. Протон и нейтрон являются двумя разными состояниями одной и той же частицы — **нуклона**.

Число протонов в ядре называется **атомным номером** и обозначается буквой  $Z$ . Общее число нуклонов называется **массовым числом** и обозначается буквой  $A$ . Число нейтронов в ядре

$$N = A - Z.$$

**Ядерные силы** — короткодействующие силы притяжения действуют только между данным нуклоном и его непосредственными соседями.

**Ядерная реакция** — это процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, который может сопровождаться изменением состава и строения ядра.

**Энергией реакции  $Q$**  называется разность энергий покоя начального и конечного состояний частиц, участвующих в реакции. Ядерные реакции, происходящие с выделением энергии ( $Q > 0$ ), называются *экзоэнергетическими*, а с поглощением энергии ( $Q < 0$ ), — *эндоэнергетическими*. Энергия, высвобождающаяся при ядерной реакции, называется **энергетическим выходом** ядерной реакции.

Под **энергией связи** атомных ядер понимается энергия, необходимая для разделения ядра на отдельные нуклоны:

$$E_{\text{св}} = (Zm_p + Nm_n - m_{\text{я}})c^2 = \Delta mc^2.$$

**Дефект массы ядра** — разность между суммарной массой всех нуклонов ядра в свободном состоянии и массой ядра:

$$\Delta m = Zm_p + (A - Z)m_n - m_{\text{я}}.$$

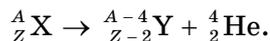
Характеристикой прочности (связанности) ядер служит **удельная энергия связи  $\varepsilon$  ядра**, т. е. энергия связи, приходящаяся на один нуклон:

$$\varepsilon = \frac{|E_{\text{св}}|}{A}.$$

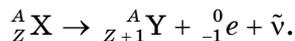
**Радиоактивность** — явление самопроизвольного превращения ядер, сопровождающееся испусканием частиц или ядер и коротковолнового электромагнитного излучения.

Радиоактивные превращения ядер, как правило, сопровождаются испусканием  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц и  $\gamma$ -излучения.

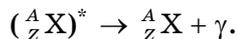
При  $\alpha$ -распаде продуктом распада оказывается изотоп с числом протонов  $Z - 2$  с испусканием  $\alpha$ -частицы:



При  $\beta^-$ -распаде образуется изотоп с атомным номером  $Z + 1$ :



Испускание  $\gamma$ -излучения не приводит к превращениям элементов:



Закон радиоактивного распада:

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{T_1}}.$$

**Цепной реакцией** называется процесс, в котором продукты определенной реакции вызывают последующие реакции такого же типа.

**Критической массой** называется минимальная масса ядерного горючего, необходимая для поддержания цепной реакции.

**Ядерным реактором** называется устройство, в котором может происходить самоподдерживающаяся цепная ядерная реакция деления ядер тяжелых элементов под действием нейтронов.

Одним из видов ядерных реакций являются реакции синтеза легких ядер, эффективно протекающие при сверхвысоких температурах  $\sim 10^9$  К и самоподдерживающиеся за счет значительного выделения в них энергии. Такие реакции названы **термоядерными**.

**Ионизирующим** называют такой вид излучения, взаимодействие которого с веществом приводит к ионизации его атомов и молекул.

Количество энергии, переданной единице массы вещества ионизирующим излучением, называется **дозой**.

Приборы для регистрации ионизирующих излучений называют **детекторами**.

**Элементарные частицы** — первичные, неразложимые далее частицы, которые нельзя считать соединением других частиц, существующих в свободном состоянии. Основными характеристиками элементарных частиц являются их масса, электрический заряд, среднее время жизни, спин.

Для всех элементарных частиц характерна способность испускаться и поглощаться (рождаться и уничтожаться) при взаимодействии с другими

частицами. Различают четыре типа **фундаментальных** взаимодействий: гравитационное; электромагнитное; сильное; слабое.

Электромагнитное взаимодействие характерно для всех частиц, обладающих электрическим зарядом. Квант электромагнитного поля — **фотон**.

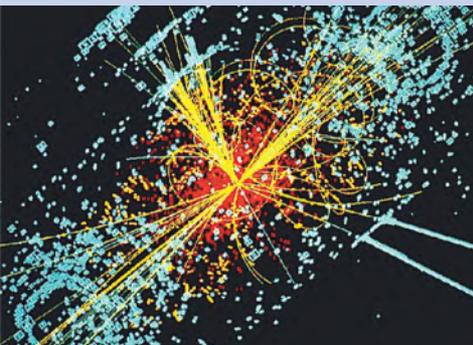
В микромире выполняются фундаментальные законы сохранения энергии, импульса и зарядов.



### Задания для самостоятельных исследований

1. Подготовьте интерактивную презентацию (флаер, плакат, реферат) о деятельности выдающихся физиков (А. Беккерель, Э. Резерфорд, Дж. Чедвик, М. Склодовская-Кюри, П. Кюри, Э. Ферми, В. Паули, Ф. Содди, И. Курчатов, П. Хиггс).

2. Подготовьте рефераты на темы: «Масс-спектроскопия и ее применение», «Применение радиоактивных изотопов в промышленности», «Применение гамма-излучения в медицине», «Ядерная геохронология», «Методы лечения и диагностики с применением ионизирующего излучения», «Ускорители заряженных частиц и их применение в науке, медицине, производстве», «Виды ядерных энергетических реакторов».



## Глава 8

# Основы единой физической картины мира

### § 45. Современная естественнонаучная картина мира

Главная цель естественных наук — раскрыть единство сил Природы.

*Л. Больцман*

Наиболее непознаваемым явлением природы является тот факт, что она познаваема.

*А. Эйнштейн*

Природа — это храм науки, где камни говорят,  
Хоть часто их язык бывает непонятен.  
Вокруг — лес символов, тревожен, необъятен,  
И символы на нас с усмешкою глядят.

*Шарль Бодлер*

- Физика, являясь наукой о природе, дает человеку знания об окружающем его мире, позволяя тем самым, с одной стороны, решать проблемы цивилизации, а с другой — беречь нашу планету для будущих поколений. Как объединить накопленные знания? Что сегодня должен знать каждый образованный человек о физических явлениях?

В курсе физики вы познакомились с различными видами взаимодействий тел и объектов в природе, определяющими не только разнообразие физических явлений окружающего нас мира, но и направление эволюции Вселенной. Физика — наука о природе, однако в каждом ее разделе подробно рассматриваются физические явления только с одной стороны, выделяя те или иные свойства материи по определенному признаку. Познание законов природы исторически также шло в основном на базе того или иного физического подхода.



Рис. 233. Структура физической картины мира

По мере накопления знаний человечество стремилось «соединить» все разрозненные факты и законы в рамках обобщенной, научной **картины мира**. Под картиной мира понимают совокупность теорий, законов и принципов, описывающих окружающий нас мир.

Первая, **механическая картина** мира была основана на классической механике И. Ньютона (рис. 233). В основе построения этой картины мира лежало объяснение причин и установление закономерностей механического движения небесных тел, а также макро- и мегасистем (Земля, Луна, Солнце, Солнечная система, Галактика). В качестве первопричины механического движения рассматривалось гравитационное взаимодействие между телами, бесконечно быстро передаваемое на любые расстояния во Вселенной.

Напомним, что на основании силовых или энергетических представлений можно установить законы движения различных объектов: от атомов и молекул до планет и звезд. Важнейшую роль играют принципы инерции и относительности, введенные в механику Г. Галилеем.

На основе механической картины мира в XVIII—XIX вв. была разработана «земная», небесная и молекулярная механика. Однако в то же время в физике накапливалось значительное количество экспериментальных данных, противоречащих идеям атомизма (дискретности строения вещества), которые лежали в ее фундаменте.

Изучение электрических и магнитных взаимодействий существенно изменило представления о материи и привело к появлению **электромагнитной картины мира** (см. рис. 233). В ее основе лежали представления о мире, в котором все явления описываются с помощью сил (гравитационных и электромагнитных). Основной вклад в создание электродинамики внесли Ш. Кулон (электростатические взаимодействия), А. Вольты (источник постоянного тока), А. Ампер (магнитные поля и токи), М. Фарадей (электромагнитная индукция), Дж. Максвелл (теория электромагнетизма), Г. Герц (открытие электромагнитных волн) и Г. Лоренц (классическая электронная теория строения вещества).

М. Фарадей пришел к мысли о необходимости замены дискретных (корпускулярных) представлений о материи непрерывными (континуальными). Материя по Фарадею представлялась как непрерывное бесконечное поле с силовыми точечными центрами. Дж. Максвелл создал математическую теорию электромагнитного поля. На основании этой теории он сделал вывод, что распространение электромагнитного возмущения происходит с конечной скоростью в виде электромагнитных волн. Новая картина мира сменила и принципы передачи взаимодействия: они передаются посредством поля непрерывно от точки к точке и с конечной скоростью. Как следует из электромагнитной картины мира, внутреннее строение вещества определяется действием электромагнитных сил.

Фактическим завершением формирования электромагнитной картины мира стала специальная теория относительности А. Эйнштейна. Он дополнил законы электродинамики идеей относительности как пространства, так и времени.

Однако на рубеже XIX—XX в. обнаружился ряд теоретических проблем и экспериментальных фактов, которые не находили объяснения в рамках электромагнитной картины мира: радиоактивность, тепловое излучение, атомные спектры, устойчивость атомов.

Первые радикальные шаги в создании **квантово-полевой** (см. рис. 233) картины мира были сделаны в начале XX в. Квантование излучения в процессах испускания, поглощения и распространения (М. Планк, А. Эйнштейн); стационарные состояния электронов в атоме (Н. Бор); совершенно фантастическая для своего времени идея — корпускулярно-волнового дуализма (Л. де Бройль) и, наконец, создание квантовой механики (Э. Шредингер, В. Гейзенберг, П. Дирак, В. Паули).

Изучение строения атомного ядра (Э. Резерфорд, П. Кюри и М. Склодовская-Кюри, Дж. Чедвик) привело к становлению физики атомного ядра и элементарных частиц. Были открыты принципиально но-

вые типы взаимодействий, свойственные только микромиру субатомных частиц, — сильное и слабое. Энергия ядерных реакций была поставлена на службу людям (Э. Ферми, И. Курчатов).

Особенностью **современной** физической картины мира является ее вероятностный характер, который выражается в виде статистических законов (см. рис. 233), изучаемых в рамках статистической физики. Здесь, в отличие от механической картины мира, нет «жесткой» определенности «будущего».

Здесь случайность событий выступает как объективное свойство материи. В современной физике основным материальным объектом является квантовое поле, переход которого из одного состояния в другое и приводит к появлению частиц.

Отметим две закономерности, присущие развитию физики как таковой. Первая выражена принципом соответствия (см. рис. 233): частные теории, справедливость которых экспериментально подтверждена, с появлением более общих теорий сохраняют свое значение как частный или предельный случай. Примером может служить специальная теория относительности, выводы которой при малых скоростях соответствуют выводам механики Ньютона.

Вторая закономерность — интеграция или взаимопроникновение разделов физики. Например, развитие физики элементарных частиц и ее слияние с астрономией привели к появлению астрофизики, занимающейся закономерностями эволюции звезд и Вселенной.

Квантово-полевая картина мира по мере накопления новых научных фактов и появления новых научных гипотез продолжает развиваться.

Таким образом, под **естественнонаучной картиной мира** понимают совокупное современное знание об окружающем нас мире, накопленное естественными науками: физикой, астрономией, математикой, химией, биологией. Физическая картина мира является составной частью естественнонаучной картины мира.

Физическая картина мира не исчерпывается представлениями о структурном строении материи. Она проявляется также и в законах движения частиц, и в законах их взаимодействия.

Несмотря на удивительное разнообразие взаимодействий объектов в окружающем нас мире (частиц, тел, галактик), в природе, по современным данным, присутствуют лишь четыре типа **фундаментальных взаимодействий**. Они различаются по интенсивности и радиусу действия. Именно эти фундаментальные взаимодействия и являются главными



«действующими лицами и исполнителями» в построении современной физической картины мира.

Самое слабое из взаимодействий — **гравитационное взаимодействие**. Оно примерно в  $10^{38}$  раз слабее ядерного. Это взаимодействие описывается законом всемирного тяготения, который был открыт И. Ньютоном в 1687 г. Гравитационные силы действуют между любыми телами, в том числе и между элементарными частицами, однако решающую роль они играют лишь у астрономических объектов, имеющих колоссальные массы.

В **электромагнитном взаимодействии** участвуют любые электрически заряженные частицы и тела, а его «переносчиком» (квантом электромагнитного поля) являются фотоны. Электромагнитные силы обеспечивают возможность стабильного существования атомов, молекул, определяют механические свойства твердых тел, жидкостей и газов.

**Сильное взаимодействие** проявляется при взаимодействиях нуклонов внутри ядра (адронов). В отличие от гравитационного и электромагнитного взаимодействий, которые можно отнести к дальнедействующим, т. е. действующим на расстояниях, характерных для макромира, сильное взаимодействие является коротко действующим, так как оно проявляется на расстояниях не более размеров ядра ( $\sim 10^{-15}$  м). Однако на этих расстояниях сильное взаимодействие значительно интенсивнее электромагнитного и тем более гравитационного, за что и получило свое название. Образно сильное взаимодействие можно назвать «богатырем с короткими руками». Сильные взаимодействия между нуклонами в ядрах атомов обеспечивают устойчивость ядер различных атомов. Согласно современным представлениям, сильное взаимодействие переносится квантами нового типа — глюонами, которые подобно фотонам являются безмассовыми частицами.

В **слабом взаимодействии** участвуют любые элементарные частицы, кроме фотонов. Радиус действия слабых сил определяется характерным размером элементарных частиц ( $\sim 10^{-18}$  м). Это взаимодействие сильнее гравитационного, но значительно слабее электромагнитного и сильного взаимодействий. Слабые взаимодействия проявляются при распадах одних элементарных частиц, в результате чего появляются другие элементарные частицы. Таким образом, слабое взаимодействие определяет стабильность элементарных частиц и играет решающую роль при их взаимопревращениях. Оно осуществляется посредством обмена достаточно массивными частицами — бозонами ( $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$ ), массы которых состав-

ляют около 80 масс протона. Бозоны были экспериментально открыты в 1983 г.

Если принять интенсивность сильного взаимодействия за единицу ( $\sim 1$ ), то относительная интенсивность электромагнитного взаимодействия будет составлять  $\sim 10^{-2}$ , слабого  $\sim 10^{-10}$ , гравитационного  $\sim 10^{-38}$ . Из этого следует интересный факт — наибольшие усилия в природе необходимы для удержания наиболее мелких частиц, а не планет или звездных гигантов!

Все многообразие окружающих нас взаимодействий, согласно современной квантово-полевой картине мира, сводится к взаимодействию двух групп квантовых объектов, первую из которых составляют **участники** фундаментальных взаимодействий, а вторую — их **переносчики**.

К участникам взаимодействий относятся электроны, протоны, нейтроны, которые и являются первичным «строительным материалом» для создания всего материального в природе. Обмен частицами-переносчиками (гравитон, фотон, глюоны и бозоны) позволяет частицам-участникам осуществлять четыре типа фундаментальных взаимодействий, к которым сводятся все наблюдаемые взаимодействия в природе. Образно можно представить себе окружающий мир как царство «кишащих и взаимодействующих друг с другом» фундаментальных частиц.

На следующем «уровне» более сложной организации материи располагаются элементарные частицы, составленные из фундаментальных, общее число которых, согласно современным данным, — более 500. Далее следуют ядра, состоящие из нуклонов, общее число соответствует числу химических элементов и их изотопов — 2000. На следующем этапе организации материи появляются атомы, составленные из ядер и электронов, количество которых соответствует количеству ядер.

Атомы, взаимодействуя между собой, образуют молекулы, общее число которых оценивается примерно в 10 млн и постоянно возрастает за счет синтеза новых соединений. Молекулы образуют различные вещества, вещества — тела, тела — астрономические объекты, астрономические объекты — Вселенную.

В настоящее время актуальной является проблема **объединения** различных типов фундаментальных взаимодействий в рамках одной теории. Обнадеживающим успехом на этом пути стало объединение электромагнитного и слабого взаимодействий в единое **электрослабое взаимодействие** (рис. 234). На повестке дня — построение теории большого объединения, включающую в себя электромагнитное, слабое и сильное взаимодействия.

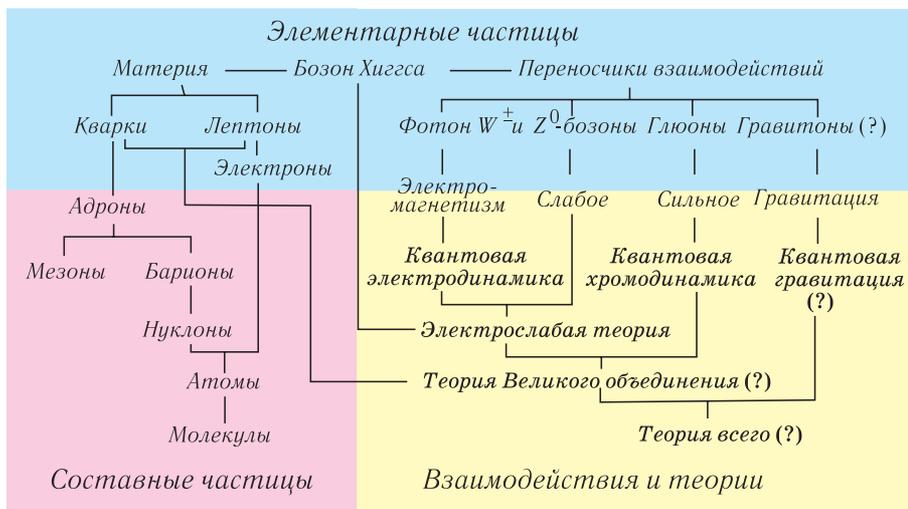


Рис. 234. Элементарные частицы и теории взаимодействий

Еще более грандиозна идея объединения всех четырех фундаментальных взаимодействий, включая гравитацию, в рамках теории суперобъединения. Эта теория может быть создана на основе новейшей физической теории «суперструн», разработанной американскими физиками М. Грином и Дж. Шварцем, объединяющей все фундаментальные взаимодействия при сверхвысоких энергиях.

Помимо построения современной физической картины мира, которая является составной частью современной естественнонаучной картины мира, физика «сформулировала» ряд принципов, которые являются общими для любого научного исследования, т. е. они могут считаться философскими принципами. Сюда следует отнести принцип **причинности**, принцип **относительности**, принципы **сохранения**, принцип **инвариантности**, принцип **дополнительности**, принцип **соответствия** и некоторые другие.



1. Что понимают под научной картиной мира?
2. Что называется механической картиной мира? На чем она базируется?
3. Перечислите основные понятия и законы электромагнитной картины мира. Когда она возникла?
4. Какие научные открытия положены в основу квантово-полевой картины мира?
5. Что является основным материальным объектом в современной физической картине мира?

6. Какие частицы являются переносчиками фундаментальных взаимодействий?
7. Каково количество фундаментальных частиц согласно современным представлениям?
8. Каково количество известных сегодня элементарных частиц? Ядер? Атомов? Молекул?
9. В чем заключается сущность теории большого объединения? Суперобъединения?
10. Какие общенаучные (философские) принципы были сформулированы в современной физической картине мира?

### САМОЕ ВАЖНОЕ В ГЛАВЕ 8

Различают четыре типа **фундаментальных** взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, сильное, слабое.

В микромире выполняются фундаментальные законы сохранения **энергии, импульса, электрического, барионного и лептонного зарядов.**

Электромагнитное и слабое взаимодействия являются проявлением единого **электрослабого взаимодействия.**

В настоящее время актуальна проблема построения теории **большого (великого) объединения**, которая могла бы описать все типы существующих взаимодействий.