

ГРАНИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ: ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ И СОСТАВНЫЕ ЧАСТИЦЫ

FACES OF NATURAL SCIENCE: BASIC ELEMENTARY AND COMPOSITE PARTICLES



*Ю. В. Павленко, Забайкальский государственный университет, г. Чита
pavurva@mail.ru*

Yu. Pavlenko, Transbaikal State University, Chita

В поисках причин развития материального мира рассмотрены свойства основных элементарных и составных частиц, количество которых за последние полвека выросло с 40 до 350. Элементарные частицы являются неизменными участниками процессов ядерных превращений и реакций, изменения изотопного состава элементов, синтеза элементов и многих других процессов, о возможностях которых известно ещё очень мало. Эти энергетически чрезвычайно активные частички микромира оригинальны и своеобразны. Все они активно взаимодействуют между собой и полями, участвуют в различных мгновенных взаимопревращениях, большинство из них неустойчивы, существуют доли секунд и в целом характеризуют картину физики открывающегося микромира как чрезвычайно сложную, но очень важную для понимания многих тайн природы. Рассмотрены элементы структур атомных ядер, элементарные частицы и переносчики взаимодействий. Охарактеризована дробная (кварк-антикварк-лептоновая) энергетическая структура нуклонов, отмечены её зарядовые особенности, образуемые составные частицы (барионы, мезоны, антибарионы), а также представлены адроны, глюоны. Отмечены оригинальные особенности кварк-глюонного взаимодействия. Из элементарных частиц представлены фотоны, лептоны, мезоны и барионы, указаны их зарядовые состояния, время жизни, размеры. Охарактеризованы электроны, нейтрино, а также спиновые (бозоновые) состояния частиц. Кратко описаны сильное, электромагнитное и слабое взаимодействие частиц, характеризующее их энергетическое состояние, переносчиками энергий при которых являются элементарные частицы. В результате исследований отмечено, что элементарные и составные частицы ядер атомов и молекул являются участниками чрезвычайно сложных энергетических процессов микромира, сопровождаемых формированием системы очень тяжелых и легких энергетически заряженных частиц, а также полей, обращено внимание на бесконечные внутриядерные энергетические взаимодействия, которые активно стимулируются внешними энергетическими зарядами, вызывая циклические кварк-глюонные флуктуации (колебания). Эти флуктуации представляют типичный термодинамический цикл, приобретают свойства энтропии. До определенного предела микросистема замкнута, затем проявляется бифуркация, которая сопровождается испусканием фотонов и нейтрино, а также «утяжелением» ядра. Такой спусковой механизм лежит в основе движения материи жизни в эволюционирующей Вселенной

Ключевые слова: микромир; элементарные, составные частицы; атомное ядро; переносчики взаимодействий; кварк-глюонные флуктуации; бифуркация; движение материи; естествознание; Вселенная; движение материи

In search of the reasons for the development of the material world the properties of the basic elementary and composite particles, the number of which over the last half century has grown from 40 to 350, are observed. Elementary particles are the essential participants in the processes of nuclear transformations and reactions, changes in the isotopic composition of the elements, synthesis of elements and many other processes, possibilities

of which we know very little. These energetically extremely active particles of the microcosm are so original and distinctive. They actively interact with each other and fields, participate in various instant interconversions, most of them are unstable, they exist for seconds and, in general, characterize the picture of the open physics of the microcosm as an extremely difficult but very important for understanding many mysteries of nature. The elements of nuclear structure, elementary particles and carrier particles interactions are described. The fractional (quark-antiquark-leptonema) energy structure of the nucleons is characterized, its charge characteristics are marked, formed by composite particles (baryons, mesons, antibaryon), and hadrons, gluons. The original features of the quark-gluon interaction are pointed out. Of elementary particles the photons, leptons, mesons and baryons are presented, their states of charge, life time, and size are given. Electrons, neutrinos, and spin (bosonova) state particles are characterized. Strong, electromagnetic and weak interaction of the particles are briefly described, characterizing their energetic state, the carrier particles of which are elementary particles.

The studies noted that elementary, constitutive particles of the nuclei of atoms and molecules are participating in very complex energy processes of the microcosm, followed by the formation of the system of very energetically heavy and light charged particles, as well as fields, with special attention to the infinite energy intranuclear interactions, which are actively stimulated by external energy charge, causing cyclical quark-gluon fluctuations (oscillations). These fluctuations represent a typical thermodynamic cycle, acquires the properties of entropy. Up to a certain limit the microsystem is closed, then bifurcation appears that is accompanied by the emission of photons and neutrinos, as well as «weighting» of nucleus. This trigger mechanism lies in the basis of matter's movement and life in the evolving Universe

Key words: microcosm; elementary, composite particles; atomic nucleus; carriers of interactions; quark-gluon fluctuations; bifurcation; movement of matter; natural science; Universe; motion of matter

Введение. Представление о мельчайших неделимых и неизменяемых частицах вещества в виде атомов зародилось ещё у индийских философов, позже развивалось древними греками еще за 2 500 лет до нашего времени. Развитие атомистических взглядов на природу вещества связаны с именами М. В. Ломоносова, Д. Дальтона, А. Авогадро, М. Г. Павлова, Н. Н. Бекетова и многих других. Основу современной модели атома в виде системы элементов создавали И. Дёберейнер, Г. И. Гесс, Бегье де Шанкуртуа, Д. Ньюлендс, Л. Майер, Д. И. Менделеев, а совершенствовали Д. Д. Томпсон, Э. Резерфорд, Н. Бор и другие ученые мира.

Ещё век назад атом представлялся самой мелкой, элементарной частицей вещества. В настоящее время успешно развивается новая отрасль атомной физики — физика элементарных частиц. Элементарные частицы непреременные участники процессов ядерных превращений и реакций, изменения изотопного состава элементов, синтеза элементов и многих других процессов, о возможностях которых можно только догадываться. Полвека назад число элементарных частиц атома достигало 40, в настоящее время оно превышает 300

[5; 7]. Все они активно взаимодействуют между собой и полями, участвуют в различных мгновенных взаимопревращениях, большинство из них неустойчивы, существуют доли секунд и в целом характеризуют картину физики начинаемого познавать микромира как чрезвычайно сложную, но очень важную для понимания многих тайн природы.

Элементарные частицы представляют сложные структурные соединения других частиц. Выделяются также бесструктурные частицы (материальные точки), обладающие массой покоя, электрическим, барионным и лептонным зарядом, спином и пр. [11]. Большой прогресс в понимании свойств элементарных частиц отмечен с конца прошлого века, что позволило создать теорию взаимодействия электронов с фотонами (квантовую электродинамику), заложить основы теории взаимодействия кварков с глюонами (квантовую хромодинамику) и теории электрослабого взаимодействия. Расширились представления об энергетике некоторых известных и новых элементарных частицах.

Элементы структур атомных ядер. Ядра состоят из ядерных частиц-нуклонов, часть которых заряжена положительно

(протоны), а часть электрически нейтральна (нейтроны). Ядро любого элемента в десятки тысяч раз меньше самого атома, что свидетельствует об очень разряженной структуре атома. В ядре сосредоточено 99,96 % всей массы атома, его плотность равна $1,16 \cdot 10^{14}$ г/см³, радиус $1 \cdot 10^{-12}$ см. 1 см³ атомного ядра весит около 116 млн т [5]. Согласно закону сохранения энергии, энергия ядра определяется его массой.

Все нуклоны (антинуклоны) состоят из кварков, кварк-антикварковых пар и лептонов. Дробная (кварковая) энергетическая структура нуклонов проявляется в состоянии сильного взаимодействия. Заряд кварка нельзя обозначить плюсом или минусом, т.к. он принимает три значения, именуемые «цветом». Кварки считаются подлинно элементарными (неделимыми) частицами (лептонами) (рис. 1).



Рис. 1. Семейство элементарных, составных частиц, и теории, описывающие их взаимодействия. Фермионы – слева, бозоны – справа

Fig. 1. A family of elementary, composite particles, and theories that describe their interactions. Fermions – left, bosons – right

Существует шесть видов кварков, различающихся ароматом (u, d, s, c, b, t), а каждый кварк имеет один из трех условных цветов (красный, зеленый, синий). Цвет и аромат кварка в угоду запрета Паули являются сугубо физическими характеристиками зарядов частиц. Поскольку антикварки характеризуются антикрасным, антизеленым и антисиним цветом, 12 фундаментальных частиц (6 кварков и 6 антикварков), обеспечивают образование всего многообразия частиц, кроме лептонов. Все частицы, состоящие из трех кварков (барионы), имеют барионное число $B = +1$ (фермионы), частицы из трех антикварков (антибарионы) – $B = -1$, а частицы, состо-

ящие из кварка и антикварка (мезоны), – $B = 0$.

Бесструктурные кварки (адроны) примерно в 20 тыс. раз меньше размеров протона. Имея дробный электрический заряд, адроны могут соединяться друг с другом парами и тройками. Соединение трех кварков образует барион, кварка и антикварка – мезон, трех антикварков – антибарион. Большинство образующихся частиц являются барионными и мезонными резонансами. При таком соединении дробные заряды суммируются до нуля или единицы. Цветовые заряды кварков, соединяющиеся в адрон, должны полностью компенсироваться, удовлетворять признаку бесцветно-

сти (конфайнменту). Адроны образуются благодаря сильному взаимодействию кварков с глюонами, которые как бы «склеивают» кварки между собой. Квантовые числа кварков определяют квантовые числа адронов. Барионное число адронов (B) представляет аддитивное квантовое число.

Взаимоотношения кварков определяются тремя правилами:

1) каждый барион состоит из трех кварков, различающихся по цвету;

2) каждый мезон состоит из всевозможных цветных пар кварков и антикварков;

3) все реально наблюдаемые адроны белые (бесцветные).

Барионы и мезоны относятся к адронам и к классу элементарных частиц. Адроны участвуют во всех видах фундаментальных взаимодействий. Адроны – это протяжённые объекты размером около 1 Фм. Среднеквадратичные зарядовые радиусы протона, пиона и каона составляют 0,58...0,86 Фм. Кварки и лептоны представляют (образуют) все вещество Вселенной.

Кварки и лептоны (со спинами $1/2$) попарно образуют 6 дуплетов трех поколений (электронное, мюонное и тау), масса которых резко возрастает от 4, 2 МэВ (u -кварк) до 176 ГэВ (t -кварк). Дуплет кварков и лептонов в каждом поколении имеет заряды $2/3$ и $-1/3$. Любой из шести кварков существует в трех разновидностях – цветах, общее количество которых составляет 18. При удалении друг от друга между кварками возникает притяжение, которое с увеличением расстояния не ослабевает, а наоборот, возрастает, вблизи кварки не чувствуют присутствие друг друга, становятся свободными (эффект асимптотической свободы). На расстоянии 10^{-15} м энергия взаимодействия кварков составляет примерно 1 ГэВ, при 10^{-14} м она равна уже 10 ГэВ, а при 1 см – 10^{13} ГэВ [10]. Эти данные свидетельствуют о чрезвычайно высокой чувствительности и «цветовой» восприимчивости кварков даже к минимальному количеству поступающей энергии.

Сильное взаимодействие приводит к тому, что одиночный кварк не может уда-

литься на какое-либо существенное расстояние от других кварков, а значит, кварки не могут наблюдаться в свободном виде (явление конфайнмента). При увеличении расстояния между кварком и антикварком мезоны, соединяющие кварки, глюонные струны рвутся с образованием новых мезонов, оставляя нетронутыми кварки адронов. Разлететься могут лишь «бесцветные» комбинации кварков – адроны. Расколоть ядро на нуклоны может только неведомая энергия в 10 МэВ, а протон на кварки – миллионы миллионов мегаэлектронвольт.

Взаимодействие между цветовыми зарядами кварков осуществляют восемь глюонов (цветовые заряды), связывая их парами или тройками. Глюоны – кванты цветового поля ядер состоят из «цвета» и «антицвета» (например, сине-антизеленый), испускание или поглощение глюона сопровождается изменением цвета кварка (красный кварк, например, теряя красно-антисиний глюон, превращается в синий кварк). Глюоны являются своего рода клеей, которым скрепляются кварки и в то же время «пастухи», поскольку на очень близких расстояниях отдельные кварки могут вести себя как свободные невзаимодействующие частицы. Глюоны электрически нейтральны, не имеют массы, но обладают большим, чем кварки спином, равным 1. Неся своеобразные цветовые заряды (комбинации зарядов кварка и антикварка), глюоны взаимодействуют также и друг с другом.

Элементарные частицы. По значению масс покоя элементарные частицы разделяют на безмассовые (фотоны), лептоны (легкие), мезоны (средние) и барионы (тяжелые). Поскольку массы элементарных частиц чрезвычайно малы, значения их масс и энергии характеризуются единой размерностью (эВ), они изменяются от нуля (фотон) до 176 ГэВ (t -кварк) [3].

По знаку электрического заряда элементарные частицы разделяются на положительные, отрицательные и нейтральные; кварки и антикварки имеют дробный заряд. Заряд частиц измеряют в единицах абсолютной величины заряда электрона, он

выражается значениями $0, \pm 1, \pm 2, \dots, 2/3$ или $-1/3$.

Время жизни элементарных частиц исчисляется от бесконечности до 10^{-24} с. Стабильными являются электрон, протон, нейтрино, фотон, другие частицы способны самопроизвольно распадаться [3; 5]. Примечательно, что современные пространственно-временные представления о физических свойствах частиц справедливы только до размеров порядка $10^{-16} \dots 10^{-17}$ см и времени около $10 \dots 27$ с [6]. При меньших масштабах необходима иная физическая концепция вещества. Известны два типа неустойчивых элементарных частиц:

1) частицы тяжелее электрона, но легче протона – мезоны;

2) частицы тяжелее протона – гипероны (плотность 10^{15} г/см³), при распаде которых образуются нуклоны.

Лептоны (всего 12 частиц – электрон, позитрон, мюон, тау-лептон, три типа нейтрино и др.) участвуют в электромагнитном и слабом взаимодействиях, они различаются массой, электрическим зарядом, временем жизни, спином (с полуцелым спином – фермионы, с целым – бозоны). Лептоны – неделимые (точечные) фермионы вплоть до размера 10^{-18} м, в электромагнитных взаимодействиях наблюдались только заряженные лептоны (электроны, мюоны, тау-лептоны). Теорией Дирака вакуум рассматривается как энергетическая зона, заполненная до сих пор не обнаруженными фермионами – лептонами отрицательной энергии с полуспином.

Известный электрон (антипод – позитрон), радиус которого $2 \cdot 10^{-13}$ см, согласно И. Федосееву [9], представляет материальную точку в виде сгустка энергии. Он не вращается вокруг своей оси, которой у него нет и не может быть. Помимо координат и импульса, электрон характеризуется ещё и вектором спина – внутренним моментом импульса, не имеющим отношения к собственному вращению электрона. Более того, в классической теории понятие спина оказалось не востребованным вообще. Согласно принципу тождественности частиц Паули, все электроны Вселенной абсолют-

но неразличимы, их изучают только в совокупности, а не индивидуально.

Реальные представления об электро-не подчеркивают вероятностный характер микромира вообще. Электрон в разных ситуациях ведет себя и подобно частице, и подобно волне, иногда проявляя эти свойства одновременно. У электронов с энергиями $1 \dots 10\,000$ эВ длины волн де Бройля те же, что и у рентгеновских лучей, что свидетельствует о зыбкости представлений о свойствах микрочастиц. Установленный у электрона эффект в виде «дефекта масс» позволяет предположить более дробное строение этого «неделимого» лептона.

Электроны с одинаковой энергией образуют электронные слои атомов у более 100 различных химических элементов. Слои подразделяются на электронные оболочки, в которых электроны имеют одинаковую величину орбитального момента. Электроны многоэлектронного атома, взаимодействуя с другими электронами, перемещаются не по круговым, а эллиптическим орбитам: собственное магнитное поле электрона взаимодействует с магнитным полем, обусловленным вращением электрона вокруг ядра и магнитным полем самого ядра.

Нейтрино (антинейтрино) – нейтральные частицы с массой, близкой к нулю. Эти лептоны почти не взаимодействуют с веществом и, неизменно двигаясь со скоростью света, уносят с собой излишек энергии ядра. Нейтрино – частица с полуцелым спином представлена тремя типами: электронным, мюонным и таунным, которые могут обладать зарядом или $+1$ (для лептонов), или -1 (для антилептонов). Из-за отсутствия электрического, барионного и цветового зарядов Земля для нейтрино совершенно прозрачна. По И. А. Ипатову [8], нейтрино является одиночной электромагнитной волной особого типа. Она участвует только в слабом и гравитационном взаимодействии. Масса нейтрино в десять миллионов раз меньше массы электрона, близка к массе фотона, однако этих частичек в космосе невероятно много (в 50 млрд раз больше), они могут составлять значимую часть Все-

ленной. Несмотря на широкую распространенность, не уступающую фотону, природа всепроникающего нейтрино до сих пор не ясна.

Современная физика отмечает прямую связь нейтрино с красным смещением и космическим фоновым микроволновым излучением, исторически называемом реликтовым излучением. Она отмечает также вклад нейтрино в землетрясения, извержения вулканов, тектоническую деятельность и тепловой поток, исходящий из недр Земли, а также в темное вещество Вселенной. Какие еще тайны скрывает эта легчайшая загадочная частица с ненулевой массой покоя, покажет время.

Некоторые типы нейтрино и фотоны не единственные частицы, имеющие «нулевую» массу. Возможно существование и других безмассовых частиц, которые пока не открыты или слабо изучены из-за отсутствия необходимых средств измерения.

Мезоны — неустойчивые элементарные частицы с массами, промежуточными между массой электрона и нуклона. Мезоны являются своеобразным «ядерным клеем» между положительно заряженными протонами, обеспечивая сохранность ядер, в которых свирепствуют гигантские силы отталкивания; с чудовищной частотой протоны и нейтроны как бы обмениваются несколькими видами мезонов.

Мезоны (мюоны, пионы, π -мезон) — частицы с целым спином (являются бозонами). Эти частицы имеют массу примерно в 200...300 раз большую массы электрона (около $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг), но в 10 раз меньше массы протона (около $1,7 \cdot 10^{-27}$ кг). Различают пионы заряженные (π^+ , π^- , 273 массы электрона) и нейтральные (π^0 , 264 массы электрона).

Мезоны образуются в результате аннигиляции протонов и нейтронов с подобными внутриатомными и внеатомными античастицами. Спонтанно возникая и исчезая, эти кванты образуют вокруг «голых» нуклонов своеобразные облака, которые не только контролируют разделение нуклонов в ядре, но и обеспечивают их взаимодействие. При расстоянии между нуклонами

10^{-15} м они вступают в обмен, вызывая взаимное притяжение, которое в случае чрезмерного сближения (менее $0,7 \cdot 10^{-15}$ м) сменяется, согласно принципу Паули, на сильное отталкивание (обмен так называемыми w - и p -мезонами). При увеличении указанного расстояния обмен пионами прекращается, а ядерные силы убывают до нуля. Несмотря на нестабильность, короткодействие (среднее время жизни заряженных пионов 10^{-8} с, нейтральных — 10^{-16} с), пионы успешно выполняют связующую роль между нуклонами, для обеспечения которой требуется всего-то 10^{-23} с.

Барионы имеют массу более массы электрона в тысячи раз. Они представлены протонами, нейтронами, гиперонами, многими резонансами. Заряд частиц может быть отрицательным, положительным или нулевым, у кварков электрический заряд дробный. Барионы образуют атомы и молекулы химических элементов, т.е. всё визуально наблюдаемое вещество макромира. На барионную материю приходится около 5 % вещества Вселенной [12].

Квантовые числа (заряды) являются инструментом учета ряда специфических свойств частиц, условно именуемых как цвет (желтый, синий и красный), странность, барионные, лептонные и прочие числа.

Античастицы по массе, спину, времени жизни соответствуют обычным частицам, но имеют противоположные значения электрического и всех других зарядов, которыми они обладают.

С электроном, кварком, мюоном, нейтрино и другими элементарными и составными частицами неразрывно связан спин [9]. Спин, подобно заряду, представляет внутреннюю характеристику неразличимых электронов Вселенной. Принцип тождественности по спину выполняется для каждого из типов частиц в отдельности. Спин — собственный момент импульса, не имеющий аналога в макромире. Он характеризуется в единицах постоянной Планка ($\hbar/2\pi$), имеет только целые и полуцелые значения (0; 1/2; 1; 3/2; 2). Частица, обладающая спином S , может находиться в

($2S+1$) спиновом состоянии, при котором электрон, например, со спином, равным $1/2$, может приобретать значения $1/2$ и $-1/2$. Фундаментальные (неделимые) частицы условно образуют пятиступенчатую спиновую лестницу, внизу которой на-

ходятся хиггсы (спин равен нулю), выше (последовательно) — фундаментальные кварки и лептоны (спин $1/2$), калибровочные бозоны (спин 1), гравитино (спин $3/2$) и, на самом верху, гравитон (спин 2) (рис. 2).

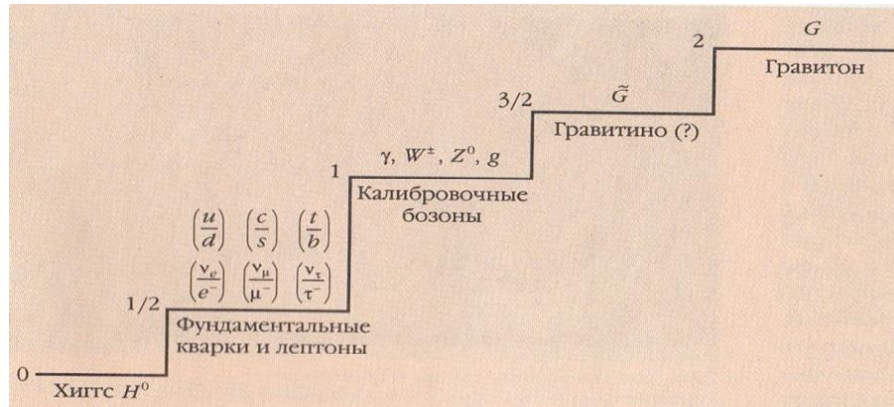


Рис. 2. Лестница спинов [4]/ Fig. 2. The ladder of spins [4]

Элементарные, составные частицы, кванты поля Хиггса, обладающие нулевым или целочисленным спином, являются бозонами (фотон, мезон, глюоны и др.). Бозоны являются частицами, передающими силу. Неограниченное число бозонов может иметь одно и то же квантовое состояние. W-бозон (символ W^+ или W^-), «ответственный» за слабые ядерные взаимодействия, обладает единичным электрическим зарядом и имеет массу, приблизительно в 40 раз большую массы протона. Бозоны спонтанно нарушают механизм электрослабой симметрии, обосновывают наличие инертной массы у частиц-переносчиков слабого взаимодействия (W^- и Z -бозоны) и отсутствие массы у частицы-переносчика сильного (глюон) и электромагнитного взаимодействия (фотон). Бозон Хиггса обнаружен в 2012 г. (ЦЕРН). Его квантовые числа: электрический заряд — 0, цветной заряд — 0, спин — 0, чётность — $+1$. Масса бозона $125,26 \pm 0,20 \pm 0,08$ ГэВ/с, время жизни $1,56 \times 10^{-22}$ с. Бозон рождается после слияния двух глюонов. Распадается на пару b -кварк- b -антикварк, на два фотона, на две пары электрон-позитрон и/или мюон-антимюон или на пару электрон-позитрон и/или мюон-антимюон с парой нейтрино.

Кварки, глюоны (бозоны), гравитино и гравитоны являются все ещё предполагаемыми (гипотетическими) частицами. Хиггс относится к фундаментальному бозону, представляет самую тяжелую частицу (за исключением топ-кварка), отвечающую за массу всех остальных элементарных частиц. Хиггсовый бозон представляет пятое зарождающееся фундаментальное взаимодействие, введенное в физику в 2012 г.

Переносчики взаимодействий. Между элементарными частицами существуют сильное, электромагнитное и слабое взаимодействия, соответствующие своим физическим полям, которые при энергии в 10^{15} ГэВ объединяются в единое электроядерное взаимодействие [10]. Константы всех видов взаимодействий примерно отвечают следующему порядку: сильное — 1, электромагнитное — 10^{-2} , слабое — 10^{-14} , гравитационное — 10^{-36} . Считается, что роль каждого из трех видов взаимодействий в формировании массы частицы определяется относительной силой взаимодействия. Ядерные силы обеспечивают существование ядер, электромагнитные — атомов и молекул, слабое — различные распады элементарных частиц, а также процессы взаимодействия нейтрино с веществом. С

типичным контрастным гравитационным взаимодействием, благодаря огромным массам вещества, связана устойчивость космических тел и систем.

Природная система организации вещества Вселенной охватывает макромир бесконечно больших и микромир бесконечно малых полей как иерархию продуктов взаимодействия качественно неоднородных физических полей. Современная наука отмечает, что все ещё не полностью познанная структура ядер неизмеримо богаче структуры атома. Поразительная отзывчивость составных частиц ядра даже к удивительно малым количествам поступающей внеядерной энергии является причиной сложнейших внутриядерных преобразований, колебаний, сопровождаемых рождением электромагнетизма, а с ним и других природных взаимодействий.

На основе физики элементарных частиц и атомного ядра интенсивно развивается научное направление субатомных взаимопревращений, в основе которого лежат законы сохранения энергии, количества движения, странности, электрического заряда, спина, лептонного, барионного чисел и т.п., в физике микромира на смену вечным частицам приходят вечные заряды.

С позиции модели Большого взрыва [1] сильное, электромагнитное и слабое взаимодействия при температуре 10^{27} К ещё представляли собой различные выражения единого высокотемпературного взаимодействия, при котором кварки, электроны, мюоны, лептоны, разнотипные нейтрино, глюоны, W- и Z-бозоны, фотоны и другие элементарных частицы и их античастицы находились в состоянии термодинамического равновесия. С падением температуры из Великого объединения вычленилось сильное (адронное) взаимодействие, формировалась избыточная барионная материя, затем (ниже 10^{12} К) лептонная материя, превратив пространство в прозрачное для нейтрино вещество, затем большая часть электронов и позитронов аннигилировала, образовав новые фотоны в виде прозрачного реликтового излучения, понизившего температуру среды до 3 К.

Количество электронов, которым не хватило позитронов, оказалось достаточным для развития процесса нуклеосинтеза — образования ядер водорода (75 %) и гелия (25 %) с примесью ядер легких элементов.

С позиций эволюционной модели эти процессы протекали в противоположном направлении. При этом все вещество формировалось из скрытой волновой материи в результате сложнейшей интерференции и дифракции волн, а также развития прогрессирующих радиоактивных процессов и условий формирования гравитации, как явления аннигиляции энергии волн.

Переносчиками энергии лептонов и кварков — составных частиц протонов и нейтронов ядра (радиус до 10^{-18} м), являются глюоны, W- и Z-бозоны [11]. Они представляют электрослабое взаимодействие (и квантовую хромодинамику), которое является составной частью взаимодействия электроядерного. Сильное взаимодействие характерно для барионов, антибарионов, пионов и каонов, электромагнитное — для частиц с электрическим зарядом (протекают за $10...20 - 10...18$ с), слабое (медленное) — для лептонов (протекают за $10...10 - 10...8$ с). Взаимодействия не зависят от наличия у частиц электрического заряда; близкие по массе частицы представляют собой различные зарядовые состояния одной и той же частицы.

Калибровочные бозоны (фотоны, W- и Z-векторные мезоны, глюоны) являются типичными представителями и электрослабого (объединенного электромагнитного и слабого) взаимодействия, т.е. являются предполагаемыми квантами разных типов взаимодействий. Возможно, что в составе масс лептонов и кварков, а также W- и Z-бозонов решающую роль играют гипотетические частицы со спином, равным нулю. Векторные мезоны, характерные для слабого взаимодействия, имеют массу примерно в 600 раз большую массы π -мезона, нестабильны, распадаются за 10^{-24} с. Путем механизма Хиггса кванты (переносчики слабой компоненты взаимодействия) приобретают массу и превращаются в бозоны W и Z. Особенность слабого взаимо-

действия и заключается в обмене энергией между частицами посредством неких квантов (как у электромагнитного взаимодействия). Такими квантами являются различающиеся массивностью промежуточные бозоны W^+ , W^- и Z . При этом заряженные кванты меняют свой заряд. При малом эффективном радиусе слабого взаимодействия по отношению к сильному (примерно в 1000 раз) и обратной пропорции массы кванта радиусу взаимодействия, масса промежуточного бозона должна в 100 раз превышать массу протона (100 ГэВ). Обнаруженные в 1983 г. бозоны, оказались и тяжелыми и короткодействующими

Экспериментами установлено [3], что с увеличением энергии частиц интенсивность слабого взаимодействия растет гораздо быстрее электромагнитного, а при энергии частиц, существенно большей 100 ГэВ, интенсивность названных взаимодействий может сравниться. При этом масса промежуточных бозонов обратится в нуль, а сами бозоны не будут отличаться от фотонов.

Мезоны являются переносчиками субатомных взаимопревращений ядер и нуклонов. Все они формировались при энергии 0.1...1 ГэВ и достигают размеров 10...17 – 10...15 м. Связанные с ними процессы взаимодействия являются слабыми и ядерными. Нуклонные состояния образуют дуплет (протон и нейтрон), а π -мезонные – триплет (π^+ , π^- , π^0). Компоненты зарядового мультиплетта с равными по величине, но противоположными по знаку соответствуют частицам и античастицам. Притяжение нуклонов обеспечивается постоянным обменом ω -мезонами, которые одновременно контролируют оптимальное расстояние между нуклонами – при чрезмерном сближении притяжение сменяется на сильное отталкивание. Силы, удерживающие нуклоны в ядрах – это «вторичные» явления, результат коллективного специфического взаимодействия кварк-глюоновой плазмы.

Фотоны – нейтральные частицы, обеспечивающие электромагнитное взаимодействие. При нулевой массе и малых размерах эффективный радиус электромагнитного взаимодействия фотона неограничен, т.е. он далекодействующий. Фотоны являются переносчиками энергии электронов, атомов, молекул. Эти частицы составляют суть квантовой электродинамики, электромагнетизма, электрического и магнитного взаимодействия.

Каждому взаимодействию свойственны кванты (порции энергии) – частицы с целым спином (бозоны). Они представляют наименьшее количество энергии электромагнитного излучения с данной частотой колебаний. Квантами электромагнитного поля являются фотоны, ядерного – π -мезоны (пионы), гравитационного – калибровочные бозоны (глюоны, векторные мезоны). Современная физика микромира – квантовая механика – базируется на дискретном (прерывистом) характере физических процессов в природе. Энергия любого вида может передаваться лишь определенными, очень маленькими порциями. Эти квантовые свойства вещества начинают отчетливо проявляться при низких температурах.

Кроме элементарных частиц продуктами электроядерных взаимодействий являются короткоживущие резонансные (резонаторы), характерные для сильных взаимодействий, а также суперструны и некоторые другие чаще гипотетические частицы с необычными свойствами.

Заключение. Самые общие представления о значении элементарных и составных частицах, их свойствах и значении заключаются в следующем.

1. Элементарные и составные частицы ядер атомов и молекул являются участниками чрезвычайно сложных энергетических процессов микромира, сопровождаемых формированием системы очень тяжелых и легких энергетически заряженных частиц, а также полей. Уровень их взаимодействия определяется энергией, массой, временем существования, температурой, давлением и множеством других, ещё не познанных факторов, обеспечивающих формирование импульсных, колебательных процессов, рождение локальных ядерных энергетических полей. Значение этого уровня для материального мира сравнимо с ролью сердца в живом организме.

2. Бесконечные внутриядерные энергетические взаимодействия активно стимулируются внешними энергетическими зарядами. Их взаимодействие осуществляется путем аннигиляции атомными частицами виртуальных, реальных частиц и античастиц, составляющих скрытую материю (темную материю и темную энергию). Такие разноуровневые взаимодействия изначально обеспечиваются высокой чувствительностью ядерных составляющих к перераспределению и преобразованию энергии, поступающей извне. Для барионов, антибарионов, пионов и каонов свойственно сильное взаимодействие, для частиц с электрическим зарядом — электромагнитное, для лептонов — слабое (медленное), что обусловлено падением их плотности. Каждое взаимодействие сопровождается выделением квантов энергии.

3. В ядрах, особенно на кварк-глюонном энергетическом уровне, при аннигиляции скрытой волновой энергии Вселенной совершаются мгновенные «круговые» флуктуации, вызванные колебательными движениями (удалением и сближением) кварков с участием глюонов. Циклические кварк-глюонные флуктуации (колебания) представляют типичный термодинамический цикл, который, согласно первому закону термодинамики (закон внутренней энергии), совершает работу в виде теплоты. При этом сама система (кварк + глюон + скрытая энергия) приобретает свойства энтропии, т.е. при переходе системы из одного состояния в другое изменение её энтропии постоянно и равно сумме приведенных теплот. Поскольку энтропия любо-

го вещества пропорциональна его массе, для разномассовых систем элементарных и составных частиц энтропия атомов (и молекул) различается примерно в 240 раз и равна сумме энтропий отдельных их частей (масса водорода $1,65 \cdot 10^{-24}$ г, урана — $392,7 \cdot 10^{-24}$ г.).

4. Такая микросистема до определенного предела замкнута, однако при накоплении некоей дозы теплоты происходит сброс энтропии. Он проявляется в бифуркации — скачкообразной качественной перестройке системы при плавном изменении параметров некругового процесса накопления и теплопередачи. Бифуркация сопровождается испусканием системой квантов и нейтрино — наиболее легких компонентов ядерных превращений, энергия которых соответствует сумме приведенных теплот (энергий) и соответствует уменьшению энтропии системы. В соответствии с законом сохранения энергии такой процесс сопровождается одновременным ростом тяжелой части ядерной материи, возможно, в виде бозона Хиггса. Этот тяжелый бозон, благодаря увеличивающейся при его накоплении массы ядра, обеспечивает нарастающее накопление энергии ядра и, соответственно, его постепенное более сложное преобразование и развитие.

5. Первичные энергетические флуктуации представляют спусковой механизм движения материи и основой жизни в открытых для этого системах материальной эволюционирующей Вселенной, состоящей из однообразного набора элементарных частиц.

Список литературы

1. Берков А. Универсальная проблема: Эволюция Вселенной. // Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц / глав. ред. В. А. Володин. М.: Аванта +, 2000. С. 409–416.
2. Берков А. В. Что впереди: застой или революция // Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц / глав. ред. В. А. Володин. М.: Аванта +, 2000. С. 353–356.
3. Берков А. Стандартная модель и за её рамками // Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц / глав. ред. В. А. Володин. М.: Аванта +, 2000. С. 310–347.

4. Берков А. В. Первоосновы материи. Век двадцатый // Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц / глав. ред. В.А. Володин. М.: Аванта +, 2000. С. 310–318.
5. Гаврусевич Б. А. Основы общей геохимии. М.: Недра, 1968. 328 с.
6. Гинсбург А. Наиболее важные и интересные проблемы физики XXI века // Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц / глав. ред. В. А. Володин. М.: Аванта +, 2000. С. 416–421.
7. Дубнищева Т. Я. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.5-bal.ru/informatika/49353/index.html> (дата обращения: 16.05.2017).
8. Ипатов П. А. Общая теория взаимодействий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.b-i-on.ru/theory/stroenie> (дата обращения: 11.05.2017).
9. Федосеев И. Спин и тождественность частиц // Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц / глав. ред. В. А. Володин. М.: Аванта +, 2000. С. 240.
10. Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 1. Биография физики. Путешествие в глубь материи. Механическая картина мира / глав. ред. В. А. Володин. М.: Аванта +, 2000. 448 с.
11. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. М.: Наука, 2002.
12. SUBSCRIBE. Yenilklərə abına. NÖvbəti video başlayacaq 10 saniyələr [Электронный ресурс]. Paylas, 2014. Режим доступа: <http://www.myvideo.az/?video> (дата обращения: 10.05.2017).

References

1. Berkov A. V. *Universalnaya problema: Evolyutsiya Vselennoy* [The Universal Problem: The Evolution of the Universe]; Encyclopedia for children. Vol. 16. Physics. Part 2. Electricity and magnetism. Thermodynamics and quantum mechanics. Physics of the nucleus and elementary particles]. Moscow: Avanta +, 2000, pp. 409–416.
2. Berkov A. V. *Chto vpered: zastoy ili revolyutsiya* [What lies ahead: stagnation or revolution]; Encyclopedia for children. Vol. 16. Physics. Part 2. Electricity and magnetism. Thermodynamics and quantum mechanics. Physics of the nucleus and elementary particles. Moscow: Avanta +, 2000, pp. 353–356.
3. Berkov A. V. *Standartnaya model i za eyo ramkami* [The standard model and beyond it]; Encyclopedia for children. Vol. 16. Physics. Part 2. Electricity and magnetism. Thermodynamics and quantum mechanics. Physics of the nucleus and elementary particles. Moscow: Avanta +, 2000, pp. 310–347.
4. Berkov A. V. *Pervoosnovy materii. Vek dvadtsaty* [The Principles of Matter. The twentieth century]; Encyclopedia for children. Vol. 16. Physics. Part 2. Electricity and magnetism. Thermodynamics and quantum mechanics. Physics of the nucleus and elementary particles. Moscow: Avanta +, 2000, pp. 310–318.
5. Gavrusovich B. A. *Osnovy obshhey geohimii* [Fundamentals of general geochemistry]. Moscow: Nedra, 1968. 328 p.
6. Ginsburg A. *Naibolee vazhnye i interesnye problemy fiziki XXI veka* [The most important and interesting problems of physics of the XXI century]; Encyclopedia for children. Vol. 16. Physics. Part 2. Electricity and magnetism. Thermodynamics and quantum mechanics. Physics of the nucleus and elementary particles. Moscow: Avanta +, 2000, pp. 416–421.
7. Dubnischeva T. Ya. *Kontseptsii sovremennogo estestvoznaniya* (Concepts of modern natural science) Available at: <http://www.5-bal.ru/informatika/49353/index.html> (Date of access: 16.05.2017).
8. Ipatov P. A. *Obshhaya teoriya vzaimodeystviy* (General theory of interactions) Available at: <http://www.b-i-on.ru/theory/stroenie> (Date of access: 11.05.2017).
9. Fedoseev I. *Spin i tozhdestvennost chastits* [Spin and identity of particles]; Encyclopedia for children. Vol. 16. Physics. Part 2. Electricity and magnetism. Thermodynamics and quantum mechanics. Physics of the nucleus and elementary particles. Moscow: Avanta +, 2000, p. 240.
10. *Entsiklopediya dlya detey* [Encyclopedia for children]. Vol. 16. Physics. Part 1. Biography of physics. Journey into the depths of matter. The mechanical picture of the world. Moscow: Avanta +, 2000. 448 p.
11. Yavorsky B. M., Detlaf A. A. *Spravochnik po fizike* [Handbook of Physics]. Moscow: Science, 2002.
12. SUBSCRIBE. Yenilklərə abına. NÖvbəti video başlayacaq 10 saniyələr (SUBSCRIBE. Yenilklərə abına. NÖvbəti video başlayacaq 10 saniyələr) Available at: <http://www.myvideo.az/?video> (accessed 10.05.2017).

Коротко об авторе

Briefly about the author

Павленко Юрий Васильевич, д-р геол.-минерал. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия. Область научных интересов: мелко-среднемасштабное геологическое картирование, прогнозирование, поиски, разведка месторождений
pavurva@mail.ru

Yuri Pavlenko, doctor of geological-mineralogical sciences, professor, Transbaikal State University, Chita, Russia. Sphere of scientific interests: small-medium-scale geological mapping, prognostication, search, exploration of deposits

Образец цитирования

Павленко Ю. В. Грани естествознания: основные элементарные и составные частицы // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 7. С. 4–15. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-7-4-15.

Pavlenko Yu. Faces of Natural Science: Basic Elementary and Composite Particles // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 7, pp. 4–15. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-7-4-15.

Дата поступления статьи: 19.07.2017 г.
Дата опубликования статьи: 31.07.2017 г.

