The background is a complex cosmic scene. At the center is a bright, multi-colored galaxy with a yellow and orange core. Surrounding it are several blue, glowing fractal-like structures that resemble complex, interconnected loops. The entire scene is set against a dark space filled with numerous stars of various colors (blue, yellow, orange). Four Earth-like planets are positioned at the cardinal points (top, bottom, left, right) within a large, faint circular frame. At the top and bottom of the frame, there are smaller inset images of a glowing fractal pattern, similar to the central blue structures.

ЛИТВИШКОВ Ю.Н.

ВГЛУБЬ МИКРОМИРА
И
ФРАКТАЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ
МИРОЗДАНИЯ

ЛИТВИШКОВ Ю.Н.

**В ГЛУБЬ МИКРОМИРА
И
ФРАКТАЛЬНАЯ КОНЦЕПЦИЯ
МИРОЗДАНИЯ**

КЁЛЬН 2024



ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
1. Предисловие.....	4
2. Введение.....	8
3. Глава I. О планетарной и квантовой моделях строения атомов.....	14
4. I.1. Квантовая модель атома, и «полуклассическая» модель, предложенная Нильсом Бором.....	30
5. I.2. Неоклассическая теория атома Бора и электромагнитное излучение вращающегося электрона.....	33
6. I.3. Гравитационное взаимодействие в макро и микромире.....	60
7. I.4. Сильная гравитация – гравитационное взаимодействие в микромире.....	68
8. I.5. Энергетический и вещественный обмен между структурными элементами Вселенной.....	78
9. Глава II. Путешествие вглубь атома и современные модели атомного ядра.....	83
10. II.1. Краткая характеристика существующих моделей атомного ядра.....	102
11. II.2. Сплошная или составная модель атомных ядер?.....	114
12. Глава III. Внутреннее строение Солнца и оболочечная модель атомного ядра.....	130
13. III.1. Системно-структурная организация материального мира.....	142
14. Глава IV. Материальная сущность микро-, макро- и мега-мира, их единство и взаимосвязь.....	145
15. IV.1. Синергетическая неклассическая картина макромира.....	158
16. Глава V. Синхронизация параметров взаимодействия материальных систем, как условие их структурного разнообразия и устойчивости...	164
17. V.1. Открытые, закрытые и изолированные материальные системы. Взаимосвязь с окружающей средой.....	176
18. Глава VI. Теория бесконечной делимости материи.....	180
19. Глава VII. Самоподобие, самоорганизация материи и фрактальная парадигма Мироздания.....	186
20. Заключение.....	206

ПРЕДИСЛОВИЕ

С древних времён своей сознательной деятельности человек задумывался об устройстве окружающего его мира как единого целого.

Еще на ранних стадиях общественного развития, познание мира материи сводилось к поиску ответов на вопрос, что формирует окружающую реальность, из чего образовано всё существующее в мире?

Первоначально к миру материи древние мыслители относили только вещественное: «тело» – как нечто, имеющее массу, протяжённость, локализацию в пространстве, проявляющее ощутимые органами чувств, свойства.

В эпоху античности – первых атомистических концепций, материя понималась как субстанция – основа всего сущего в мире, из которой «построены» все другие тела во Вселенной. Классическим выражением такого понимания материи явился атомизм древнегреческого философа Левкиппа и его ученика Демокрита Абдерского [1].

Атомизм Левкиппа и Демокрита органически связан с материалистическими элементами в учениях предшествующих философских школ, в частности милетской школы, а также школы Гераклита и Анаксагора. Демокрит, как уже говорилось, полностью разделял учение Левкиппа об атомах и пустоте (термин **ἄτομος** означает в дальнейшем неделимый).

К характеристикам атомов Демокрит добавляет еще величину, которая была у Левкиппа допустима как различие форм атомов, и их тяжесть.

Он считал, что мир состоит из множества атомов и пустоты, а все наши ощущения, восприятия и мысли являются результатом взаимодействия между атомами и нашей душой.

Согласно учению античных философов-материалистов, природа не является божественной или живой, а исключительно механической.

Что же касается космологии, то, по их убеждению, в бесконечной Вселенной существует множество миров, миры разделены пустотой, рождаются из атомов и на атомы распадаются.

Пустота существует вне связи с наличием или отсутствием атомов. На расстоянии атомы не влияют друг на друга, при столкновениях возможны их соединения или изменение параметров движения.

Невзирая на мировоззренческую наивность, своим учением античные атомисты оказали огромное влияние на развитие материалистической философии и культуры последующей цивилизации.

Следует отметить, что всё время, прошедшее между эпохами «новых натуралистов» средневековой эпохи и античных атомистов, атом «находился в изгнании». Согласно историку атомизма Джошуа Грегори, Средневековье практически отказалось от атомизма, и чуть не потеряло его [2].

В этой связи нельзя обойти вниманием творения французского философа, математика и естествоиспытателя, одного из основоположников философии Нового времени Рене Декарта, латинизированное имя *Renatus Cartesius* (1596-1650гг.) [3].

Физические исследования Декарта относятся главным образом к механике, оптике и общему строению Вселенной. Физика Декарта, в отличие от его метафизики, была материалистической: Вселенная целиком заполнена движущейся материей и в своих проявлениях самодостаточна. Неделимых атомов и пустоты Декарт не признавал и в своих трудах резко критиковал атомистов, как античных, так и ему современных.

Кроме обычной материи, Декарт выделил обширный класс невидимых *тонких материй*, с помощью которых пытался объяснить действие теплоты, тяготения, электричества и магнетизма.

Этот вывод Декарта сыграл фундаментальную роль в развитии мировой науки, ибо впервые, более чем за два тысячелетия прошедшие после упоминавшейся выше полемики Аристотеля с Платоном, строго философски были обоснованы права математики в познании внешнего мира, а сама эта наука предстала в качестве дисциплины, исследующей не отвлеченно-абстрактные, а *сущностные* свойства материи.

Значимость этого шага трудно переоценить, ибо именно естествознанию Нового времени суждено было, по крайней мере, на последующие три столетия занять место эталона научной точности и достоверности.

До XVII века такие области знания, как механика, физика, химия, науки о Земле, астрономия и даже физиология и медицина были частью «энциклопедического пакета знаний», называвшегося «натуральная философия» и соединявшего позитивные сведения о природных явлениях и гениальные догадки о сущности пространства, времени, движения.

Идея естественной закономерности, охватывающей бесконечность мира, континуум пространства, дискретная структура вещества сопровождалась умозрительными фантазиями и ошибочными заключениями о причинах этих явлений [4].

Физика более позднего периода (конец XIX – начало XX вв.), которая продолжала базироваться на ньютоновской механике, а также основывалась на максвелловской теории электромагнитного поля, термодинамике и статистической механике Больцмана – Гиббса, успешно объясняла почти что все известные к тому времени экспериментальные результаты.

Правда, имели место и известные «неудачи», например, неудавшийся результат эксперимента Майкельсона – Морли, отсутствие теоретического объяснения спектров излучения черного тела, нестабильность материи, проявляющая себя в феномене радиоактивности. Однако подобных «отрицательных результатов» было немного, и надежду на гарантированное торжество сформированных классических научных представлений они не разрушали.

В то время практически никто из именитых ученых не ожидал радикального ограничения применимости классической парадигмы и возникновения принципиально новой физики. И все-таки в физике по прошествии всего трех десятилетий произошла глобальная революция.

В результате, физика в своем развитии прошла через этапы становления ведущих областей естествознания, начиная от *натурфилософии* до современной физики, – *квантовой, релятивистской, атомной и ядерной*.

Тем не менее, она все еще не может дать ответы на многие вопросы, касающиеся проблемы познания природы мира Материи и установления доступных для восприятия и усвоения законов его организации.

В то время, когда мы проживаем уже во второй декаде XXI -го века, кризис, в котором оказалась физика в конце XIX -го и начале XX -го веков, так и не был разрешен; и в настоящее время, несмотря на колоссальный прогресс современной экспериментальной физики, даже углубился.

Естественно, возникает вопрос: что явилось этому причиной?

Позволим себе высказать по этому поводу свое мнение, что при интерпретации обнаруживаемых экспериментально явлений, влиятельными в научном мире физиками того времени, фактически акцент был сделан не на познании природы этих явлений, а на построении различных, трудно усвояемых, абстрактных теорий для их описания.

Разработка же абстрактно-математических моделей, на основе этих теорий, нередко основывалась на подгонке теоретических результатов, и на выдумывании свойств и фундаментальных параметров, вовсе не существующих в природе, и не отражающих ее сути.

В результате развитие получила виртуальная физика (отвечающая на вопрос: как? но не отвечающая на вопрос: почему?) где здравый смысл и логика почти полностью отсутствуют. Можно с полным основанием констатировать, что современная физика – это плод воображений отдельных физиков, опирающийся в большинстве случаев на субъективную логику. Становится все более очевидным, что возникшая в 20-х годах прошлого столетия, проблема описания атома не может быть решена на основе волновых и вероятностных представлений.

Работа автора над этой книгой была продиктована необходимостью внесения ясности в физические воззрения, приведшие к формированию упомянутых абстрактных теоретических представлений о природе микро- и макромира Материи, а также для большей их доступности к восприятию широкой аудиторией читателей.

Касательно Мироздания автор высказывает предположение, что материя по своей структуре на микроуровне не имеет предела. и можно представить, что мельчайшие «единицы» или «первокирпичики» материи включают в себя целые Вселенные. В то же время, материя по своей структуре на макроуровне также не имеет предела, а наблюдаемая Вселенная или часть Вселенной одновременно является какой-либо фундаментальной единицей более крупного образования, составляющей основу какого-либо вещества Макромира.

В книге рассматривается современная интерпретация идеи о бесконечной делимости материи в рамках **теории бесконечной ее вложенности** или **фрактальной теории**, получила распространение как **Дискретная, самоподобная, космологическая парадигма** [5]. Эта парадигма утверждает иерархическую организацию природных систем, от наименьших наблюдаемых элементарных частиц, до наибольших видимых кластеров Галактик.

На основании рассмотренных в монографии положений фрактальной теории автор приходит к выводу, что окружающая нас Вселенная – не единственная, и нас может окружать бесконечное множество других вселенных. Возможно, также, что наш мир представляет собой лишь часть Мультимира – гипотетического множества всех возможных параллельных вселенных и миров.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся проблемными вопросами в различных областях современной науки, а также для специалистов, занимающихся исследованиями в области атомной физики, астрофизики, физической химии. Надеемся, что книга вызовет интерес к обсуждаемой тематике, а ее содержание будет способствовать формированию у пытливого читателя взглядов на Мироздание, дополняющих точку зрения автора.

*Быть может, эти электроны –
 Миры, где пять материков,
 Искусства, знанья, войны, троны
 И память сорока веков!
 Ещё, быть может, каждый атом –
 Вселенная, где сто планет;
 Там всё, что здесь в объёме, сжато,
 Но также то, чего здесь нет.
 Их мудрецы свой мир бескрайний,
 Поставив центром бытия,
 Спешат проникнуть в искры тайны,
 И умствуют как ныне я.*

В. Брюсов

ВВЕДЕНИЕ

Вопрос о том, как устроен мир, является одним из тех, которые причисляются к разряду вечных. На протяжении всей истории человечества этот вопрос заставляет пытливую мысль задумываться над тем, что же лежит в основе строения и организации мира внешнего и мира внутреннего. На протяжении многих веков понятие сущности материи менялось и совершенствовалось.

Гипотеза же о том, что вся вещественная материя состоит из мельчайших элементарных частиц (атомистическая гипотеза), возникла еще в Древней Греции и развивалась философами того времени – Левкиппом, Демокритом Абдерским и Эпикуром (5 – 3 вв. до н. э.). Демокрит назвал эти частицы атомами, т.е. неделимыми частицами. Согласно его учению, в природе существуют только **атомы и пустота между ними** [6].

Атомы представлялись мельчайшими и неделимыми частицами материи, не возникающими и исчезающими, качественно однородными, непроницаемыми (не содержащими внутри себя пустоты).

Атомы мыслились бесчисленными, так как окружающая их пустота бесконечна. Форма атомов также представлялась бесконечно разнообразной.

Считалось, что атомы являются первоначалом всего сущего, всех чувственных вещей, свойства которых определяются именно формой составляющих их атомов. Такое представление о природе материи сохранялось вплоть до средневековья.

По своей мировоззренческой сущности атомизм, как философское учение, получил распространение, как **античный**, (европейский) атомизм, атомизм в **индийской**, а также **исламской** философии.

Общеизвестно, что атомизм не является изобретением древних греков. Начало этого учения можно засвидетельствовать в Древней Индии, Финикии (финикиец Мох Сидонский) или Вавилоне.

Вот пример персидско-вавилонского влияния на древнегреческий атомизм. «Древние свидетельства сообщают, что отец Демокрита принадлежал к богатейшим гражданам древнего города во Фракии (Абдер), и что он принимал в своем доме царя Ксеркса, который отблагодарил его, прислав халдеев и магов для обучения его детей.

Эти халдеи и маги были первыми учителями Демокрита, обучившими его астрономии и другим наукам».

История античного атомизма распадается на два основных периода: классический, или древний, атомизм, основателем которого был Демокрит (5–4 вв. до н. э.) и эллинистически-римский атомизм эпикурейской школы (3 в. до н. э. – 2 в. н. э.) [7].

Согласно точке зрения основателя перипатетической школы философии Аристотеля, (название школы возникло из-за привычки Аристотеля прогуливаться с учениками во время чтения лекций), разделяемой многими современными исследователями, атомизм Демокрита возник как ответ на учение элейской школы о едином и неделимом бытии [8].

Эта древнегреческая философская школа не обсуждала вопросы естествознания, и признавала пустоту «небытием», а движение – невозможным, и потому весь чувственный мир – иллюзорным.

Древние атомисты, по Аристотелю, лишь допустили реальность такой пустоты и раздробили единый **моно-атом** элейского бытия на бесчисленные **микро-атомы**, каждый из которых сохраняет все признаки учения древнегреческого философа Парменида – системы строгого идеалистического монизма (позиции, допускающей только одну систему истинных убеждений и верований).

Атомы Демокрита, которые он также называл «сущими» и «неделимыми формами», (греч. **ἄτομοι ἰδέαι**) – это мельчайшие, физически неделимые и неуничтожимые частицы материи, природы (греч. **φύσις**), воспринимаемые не чувствами, а только чистой (абстрактной) мыслью (греч. **γνώμη**).

Они лишены чувственных свойств (таких, как цвет или запах), абсолютно однородны («как если бы каждый был частицей золота») и различаются между собой только величиной и формой [9].

Согласно атомистической концепции материи, последняя не позволяет считать число атомных форм конечным, и не исключает возможность существования атома **«величиной с мир»**.

Вторичные же, чувственные свойства материи выводятся не только из этих первичных свойств атомов как таковых (например, мельчайшие атомы огня воспринимаются как «жгущие», а гладкие – как «сладкие»), но и из комбинаторных различий в атомной структуре тел: подобно буквам алфавита в каком-либо, наделенном определенным смыслом тексте, бесчисленные миры, подобные нашему.

Древнегреческий философ Эпикур, утверждавший, что чувства являются единственным надёжным источником знаний о мире модифицировал атомизм Демокрита, добавив к основным различиям свойств атомов их вес.

Подобно Демокриту, Эпикур учил, что вселенная **бесконечна и вечна**, и что всё сущее сделано из крошечных, невидимых частиц, (атомов) [10].

Все явления, происходящие в естественном мире, в конечном счёте, являются результатом движения и взаимодействия атомов в пустом пространстве. В отличие от Демокрита, Эпикур предлагал идею «атомного отклонения», согласно которой атомы могут отклоняться от их ожидаемого поведения, тем самым обладать способностью видоизменяться в детерминированной вселенной.

В индийской философии атомизм разрабатывался независимо от европейской философии. Атом, как элементарная частичка мироздания, рассматривался как в ортодоксальных индийских школах, таких как (ньяя, вайшешика и мианса), так и в неортодоксальных (джайнизм, буддизм, адживика) [11].

Согласно воззрениям индийского атомизма, атомы (**ану**) отождествлялись с «элементами» (земля, вода, огонь и воздух) и качественно отличались друг от друга. Атомы считались предельно малыми компонентами материальной субстанции и обладали одной и той же сферической формой.

Сами по себе «одинокие и однотипные» атомы не могли породить Мир, так как до его сотворения они находились в «несвязанном» состоянии. Считая возникновение материального мира результатом Всевышнего творения, индийские философы полагали сотворение Мира результатом объединения (слияния) одних атомов с другими атомами.

Так из отдельных атомов складывались соответствующие диады и триады, которые рассматривались в качестве элементарных мельчайших единиц разнообразных качественно-количественных проявлений Мира материи.

Атомизм в исламской (арабо-мусульманской) философии был развит мутакаллимами и включал теорию строения вещества, пространства и времени.

Большинство мутазилитов признавало, что деление тела имеет предел. Когда деление уничтожает всю свою «соединенность» (иджтимā'), остается «неделимая частица» (джуз'лā йатаджазза') [12].

Мутазилиты, признававшие возможность отдельного существования атома, называли эту неделимую частицу также «одионой субстанцией» (джавхар мунфарид). Было несколько мнений в вопросе о свойствах неделимой частицы.

Одни мутазилиты считали, что она может существовать сама по себе (инфирād) и принимать все акциденции, отождествляя ее с телом (джисм) и субстанцией (джавхар). Другие, допуская одионое существование атома-частицы, не признавали наличия в ней трех измерений, определяющих чувственное восприятие.

В эпоху античной цивилизации и средневековья атомизм не играл ведущую роль в развитии европейской цивилизации, серьезно уступая платоновским правильным многогранникам (огонь соотносился с тетраэдром; воздух с октаэдром; земля с гексаэдром; вода с икосаэдром; а додекаэдр - соответствовал Вселенной).

Зато бурный расцвет атомизма в Новое время общеизвестен. Фрэнсис Бэкон, Кеплер, Галилей, Кавальери, Гассенди, Бойль, Ньютон – вот только самые известные имена атомистов этого периода [13].

Англо-ирландский натурфилософ, физик, химик и богослов Роберт Бойль (17-ый век) положил атомистику в основу своих химических представлений о веществе и объяснил все химические изменения соединением и разъединением определенного вида атомов.

Позднее, на первом международном съезде химиков в Карлсруэ (Германия) были приняты определения понятий молекулы и атома. Атом представлен, как наименьшая частица химического элемента, входящая в состав простых и сложных веществ. Решения этого съезда послужили одной из предпосылок открытия Периодического закона химических элементов [14].

В последствии, так называемые атомы в представлении физиков и химиков оказались составленными из ядра и электронов.

Сложность строения атома стала очевидной гораздо позднее, уже во второй половине XIX в.

Так, французским физиком – лауреатом Нобелевской премии, Антуаном Беккерелем в 1896 г., было открыто явление радиоактивности – самопроизвольного испускания веществом трех видов излучения в виде потока отрицательно заряженных частиц, потока положительно заряженных частиц и жесткого электромагнитного излучения [15].

Это открытие явилось доказательством сложности строения атомов, в результате чего стало ясно, что атомы могут распадаться на положительно и отрицательно заряженные частицы.

Складывалась парадоксальная ситуация. Если уран и другие радиоактивные вещества постоянно излучают из своих недр энергию, то откуда она берется? Было установлено, что это излучение не может быть объяснено как выделение веществом ранее поглощенной энергии. Но если допустить, что атомы излучают энергию, не черпая ее ниоткуда, то нарушается закон сохранения энергии.

Только в 1902 году Э. Резерфорд и Ф. Содди сумели разрешить этот парадокс. Они доказали, что радиоактивность представляет собой результат спонтанного распада атомов и превращения химических элементов. Чтобы выдвинуть гипотезу **делимости атома**, Резерфорду и Содди необходимо было отбросить метафизические концепции материи, отождествлявшие неразрушимость атомов с сохранением материи [16].

Ядерная природа радиоактивности была понята Резерфордом после того, как в 1911 г. он предложил ядерную модель атома и установил, что радиоактивные излучения возникают в результате процессов, происходящих внутри атомного ядра.

Современные модели атома и атомного ядра являются развитием планетарной модели Бора-Резерфорда, согласно которой, ядро атома состоит из положительно заряженных протонов, не имеющих заряда нейтронов и окружено отрицательно заряженными электронами [17].

Дальнейшее развитие концепции строения атомного ядра, как будет изложено далее, в специально посвященном этому вопросу разделе данной работы, базировалось на результатах разработки нового класса коллективных ядерных моделей. И, таким образом, описание ядерных реакций и радиоактивного распада до сих пор в значительной мере носит модельный характер.

В противоположность атомизму, теория **бесконечной вложенности материи (фрактальная теория)** является альтернативной философской, физичес-

кой и космологической теорией. Данная теория основывается на индуктивных логических выводах о строении наблюдаемой бесконечной Вселенной [18].

Метафизическая школа, изучающая данную новую теорию, сосредотачивается на фундаментальных организационных принципах природы, и представляет данное мировоззрение – дискретной фрактальной парадигмой. Эта парадигма подчеркивает иерархическую организацию систем природы от наименьших наблюдаемых элементарных частиц до наибольших кластеров Галактик.

Результаты астрономических наблюдений за последние 10–15 лет делают гипотезу о фрактальности Вселенной более правдоподобной, чем господствующая до сих пор гипотеза о ее (макро)однородности [19].

Уже Исаак Ньютон, Иммануил Кант и Пьер Лаплас объясняли возникновение сложных структур во Вселенной действием **гравитации** [20].

Гравитация – это явление, которое описывает взаимодействие между материей и пространством. Она действует на все объекты во Вселенной, включая звезды, планеты, галактики и даже нашу собственную планету Земля.

Так, например, Ньютон в письме к Ричарду Бентли (1692) объяснял, что из-за гравитации вещество не может оставаться однородно рассеянным в пространстве. Если бы пространство было конечным, объяснял он, вещество собралось бы в одну сферическую массу. В бесконечном же пространстве вещество соберется в бесчисленное множество сферических масс (звезд).

Сегодня мы знаем, что Вселенная имеет иерархическую структуру, организованную на разных уровнях. На самом маленьком, микроскопическом уровне, существуют атомы и молекулы, из которых состоят все материальные объекты. На следующем уровне находятся звезды, галактики и галактические скопления. Эти огромные структуры взаимодействуют между собой, создавая космические филаменты и сверхскопления.

Определение материи через признак «быть объективной реальностью, существовать вне нашего сознания», еще не дает явного знания о том, как структурирована материя.

Однако неявно уже предполагает, что материя неисчерпаема, существует в бесконечном числе видов и свойств, а значит, обладает определенной, пусть очень сложной структурой.

Конкретное представление о том, какова именно эта структура, каково строение материи, складывается и совершенствуется в процессе теоретического познания и практики.

ГЛАВА I

О ПЛАНЕТАРНОЙ И КВАНТОВОЙ МОДЕЛЯХ СТРОЕНИЯ АТОМОВ

Развитие познания природы есть непрерывное движение мысли от поверхностного, видимого, от того, что является нам в ощущениях, ко все более глубокому, скрытому – к сущности этих явлений.

Практически всю информацию об окружающем мире мы привыкли получать с помощью пяти основных органов чувств, обеспечивающих нам зрение, слух, осязание, вкус, обоняние. Поэтому окружающий мир стал познаваем нами лишь в той степени, в какой увидели его наши глаза, услышали уши, почувствовали на ощупь руки.

Информация же о вещественной и полевой составляющих материи на микро-масштабном уровне воспринимается с помощью специально создаваемых человеком технических средств, частично визуализируется, а в основном, формируется в сознании в виде **моделей**.

При этом, как правило, создаваемые инструментальные методы исследования объектов микромира не дают возможности их непосредственной визуализации, что приводит к формированию абстрактных понятий и образов и оперированию ими.

При абстрактном мышлении человек выходит за рамки привычной системы координат и правил мировосприятия, абстрагируясь от внешней действительности и пытаясь сконцентрироваться исключительно на трансформированных показаниях технических средств в привычные для сознания образы.

Раскрытие сущности объектов, не поддающихся непосредственному восприятию, с помощью инструментария может привести к ее искажению и искусственному присвоению вовсе не присущих исследуемым объектам характеристик.

Вероятно, такое искажение сущности имело место при интерпретации результатов исследований в области атомной и ядерной физики, проведенных в конце XIX века.

Итак, началом целенаправленных исследований атомарного строения вещества явилось открытие французским физиком – лауреатом Нобелевской премии, Антуаном Беккерелем в 1896 г. явления радиоактивности – самопроизвольного испускания веществом трех видов излучения в виде потока отрицательно заряженных частиц, потока положительно заряженных частиц и жесткого электромагнитного излучения [21].

Это открытие опровергло сформировавшееся еще в эпоху древних атомистов представление о перво-кирпичиках материи – неделимых атомах, которые, реально могут распадаться на положительно и отрицательно заряженные частицы.

В 1897 году английский физик Дж.Дж.Томсон (лауреат Нобелевской премии по физике, 1906г) опубликовал свою работу об экспериментальном обнаружении частиц «более мелких», чем атомы [22].

Фактически, этим было установлено существование электрона, как более мелкой составной части материи. После этого сразу возник вопрос об устройстве атома, который, как тогда уже было известно, в целом электро-нейтрален. В попытке разрешить эту задачу Томсон предложил (1903г.) свою модель атома, в которой положительный заряд распределён непрерывно по объёму «атома», а электроны оказываются погружены в эту положительно заряженную каплю.

В 1904 г американский физик, лауреат Нобелевской премии по физике Роберт Эндрюс Милликен определил заряд электрона, который оказался равным $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл (кулон). Была также определена масса электрона, которая составляет $\sim 9,11 \cdot 10^{-28}$ г [23].

Согласно полученным экспериментальным данным, представлялось весьма убедительным, что наличие в атоме частиц с отрицательным зарядом и отсутствие заряда у атома, как такового, должно быть результатом взаимодействия в атоме положительного и отрицательного электрических зарядов.

Однако, именно здесь проявился феномен **искажения сущности** из-за неверно интерпретированного явления.

Дж. Томсон предложил умозрительную модель строения атома, согласно которой атом можно представить в виде положительно заряженной сферы с вкрапленными в нее отрицательными электронами, т.н. модель пудинга с изюмом (рис.1.1).

Хотя эта модель атома и попыталась объяснить два известных тогда свойства атомов, а именно, что электроны являются отрицательно заряженными частицами и что атомы не имеют суммарного электрического заряда, тем не менее она была далека от реальной природы атомов, и повлекла за собой серию подобных, искажающих сущность строения атомов, моделей.

Дело в том, что в электростатике строго доказывается, что система из точечных зарядов не может пребывать в статическом равновесии. То есть, вероятно, Томсону было прекрасно известно, что устроить равновесие между малым

(точечным) электроном и малым (точечным) ядром невозможно. Модель, в которой электрон погружен в «пудинг» положительного заряда такого недостатка лишена.

Например, для простейшего случая одного электрона и сферической «капли» положительного заряда для электрона есть положение устойчивого равновесия в центре «капли».

Модель атома по Томсону кажется странной сейчас, когда мы уже привыкли к планетарной модели Резерфорда-Бора.

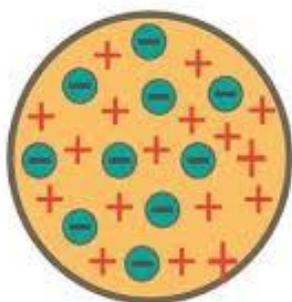


Рис.1.1. «Пудинговая» модель атома по Томсону.

В основе всех известных моделей строения атомов вещества, до открытия нейтрона, господствовала концепция его электрической природы, в которой рассматривалось электрическое взаимодействие, связывающее атомное ядро и электроны в атомных оболочках, а атомное ядро, в свою очередь, представлялось состоящим из протонов и электронов.

Этому представлению сопутствовал обнаруженный факт вылета электронов при радиоактивном β -распаде ядер, обусловленном т.н. «слабым взаимодействием», и изменяющим заряд ядра на единицу без **изменения его массового числа**.

Несмотря на то, что в теоретической физике уже была сформулирована общепризнанная современная модель атома, являющаяся квантовым развитием планетарной модели Бора-Резерфорда, попытки разработки моделей, отражающих «истинное» строение атома продолжались практически в течение целого века.

Так, в начале 1990-х американский учёный Рэнделл Миллс предложил новое классическое представление об устройстве атома - по сути уточнил модель Бора [24].

Идея Миллса была проста. Он предложил рассматривать электрон в атоме не как движущийся точечный заряд, а как совокупность круговых токов, протекающих в «орбитосферах» (этот термин Миллс использует вместо слова «орбитали» из квантовой теории) с учётом спина электрона.

Модель получилась вполне наглядной: атом состоит из отрицательно заряженных сферических электронных оболочек нулевой толщины и положительно заряженного ядра в их центре (рис. 1.2.)

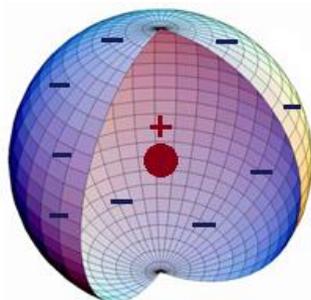


Рис. 1.2. Иллюстрация модели атома водорода, предложенной Ренделлом Миллсом.

В атомной модели Миллса связанный электрон представляет собой заряженную сферу, окружающую ядро.

Известно, что поле от равномерно распределённого по сфере заряда точно такое же, как от расположенного в её центре точечного заряда. Так что предложенный Миллсом подход оказался удобным для электростатических расчётов.

Когда Рэнделл Миллс убедился, что теория работает, он с её помощью предсказал экзотические состояния атома водорода, которые назвал словом «гидрино». При этом, водород в предложенных им условиях превращается в гидрино с выделением лучистой энергии (экстремального ультрафиолета).

Однако, возвращаясь к истокам формирования представлений о реальном нахождении электрона в структуре атома, следует отметить имевшие место противоречивые, на этот счет, суждения.

Даже предсказанная британским физиком, лауреатом Нобелевской премии по химии 1908 года. Эрнестом Резерфордом, составляющая ядро нейтральная частица (нейтрон), которая была в последствии открыта английским физиком, лауреатом Нобелевской премии Джеймсом Чедвиком, считалась сильно «связанным состоянием» протона и электрона [25].

Ситуация изменилась, когда пришло понимание, что нейтрон является такой же «элементарной частицей», как и протон.

Остановимся на этом результате подробнее.

В 1920 г. Эрнест Резерфорд [26] высказал гипотезу о существовании в составе ядер жестко связанной компактной **протон-электронной пары**, представляющей собой электрически нейтральное образование – частицу с массой, приблизительно равной массе протона. Он даже придумал название этой гипотетической частице – **нейтрон**. Это была очень красивая, но, как выяснилось впоследствии, **ошибочная идея**.

Оказалось, что электрон не может входить в состав ядра, линейные размеры которого принято считать равными $5 \cdot 10^{-15}$ м, на основании соотношения неопределенности Гейзенберга.

Так, произведенный квантово-механический расчет на основании соотношения неопределенностей показал, что электрон, локализованный в ядре, т.е. области размером $R \approx 10^{-15}$ см, должен обладать колоссальной кинетической энергией, на много порядков превосходящей энергию связи ядер в расчете на одну частицу [27]. К тому же данная модель протон-электронной пары не могла объяснить дискретный характер спектров излучения атома [28].

Идея о существовании тяжелой нейтральной частицы казалась Резерфорду настолько привлекательной, что он незамедлительно предложил группе своих учеников во главе с Дж. Чедвиком заняться поиском такой частицы. Через 12 лет в 1932 г. Джеймс Чедвик, в последствии лауреат Нобелевской премии по физике (1935г) экспериментально исследовал излучение, возникающее при облучении бериллия α -частицами, и обнаружил, что это излучение представляет собой поток нейтральных частиц с массой, примерно равной массе протона.

Так был открыт нейтрон [29].

На рис. 1.3 приведена упрощенная схема созданной Чедвиком установки для обнаружения нейтронов.

При бомбардировке бериллия α -частицами, испускаемыми радиоактивным полонием-210, возникает сильное проникающее излучение. Это излучение почти одновременно с Чедвиком наблюдали супруги Жолио-Кюри – Ирен и Фредерик (Ирен – дочь Марии и Пьера Кюри) [30].

Сначала считалось, что это – **гамма-излучение**, но в последствии выяснилось, что оно обладает гораздо большей проникающей способностью, чем все известные гамма-лучи, и результаты эксперимента должны быть интерпретированы как-то иначе.

Отметим, что гамма-излучение может быть создано различными способами. Естественные источники включают ядра радиоактивных элементов, таких как уран и радий. Источниками гамма-излучения могут быть также искусственно созданные источники, такие как гамма-излучающие приборы или ядерные реакторы.

Гамма-излучение также может генерироваться в результате ядерных реакций и ядерного распада. Другим источником гамма-излучения являются высокоэнергичные космические лучи.

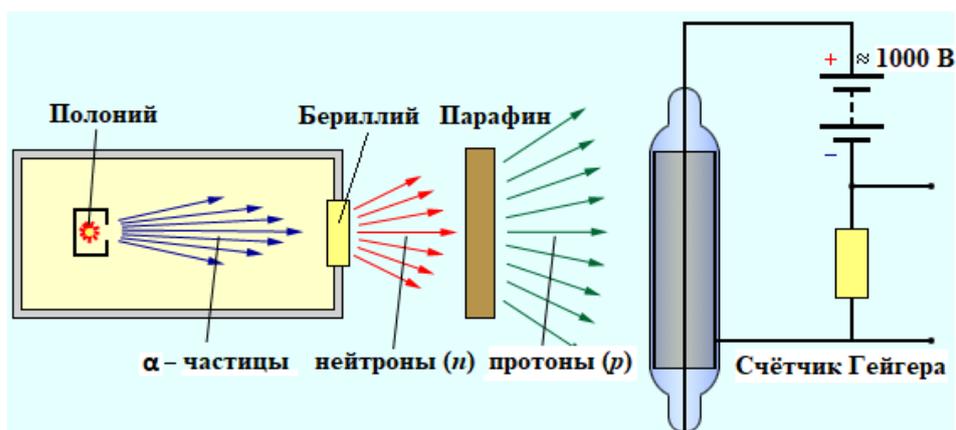


Рис. 1.3. Схема установки по обнаружению нейтронов.

Супруги Кюри обнаружили, что если на пути излучения исходящего из бериллия поставить парафиновую пластину, то ионизирующая способность этого излучения резко возрастает.

Они доказали, что излучение бериллия выбивает из парафина протоны, которые в большом количестве имеются в этом водородосодержащем веществе.

По длине свободного пробега протонов в воздухе они оценили энергию γ -квантов, способных при столкновении сообщить протонам необходимую скорость. Она оказалась огромной, порядка 50 МэВ ($1,5 \cdot 10^8 \text{ см/сек}$).

Дж. Чедвик в своих последующих опытах наблюдал в камере Вильсона треки ядер азота, испытавших столкновение с бериллиевым излучением. На основании этих опытов он сделал оценку энергии γ -кванта, способного сообщить ядрам азота наблюдаемую в эксперименте скорость. Она оказалась равной $100\text{--}150 \text{ МэВ}$ ($3,0\text{--}4,5 \cdot 10^8 \text{ см/сек}$).

Такой огромной энергией не могли обладать γ -кванты, испущенные бериллием.

На этом основании Чедвик заключил, что из бериллия под действием α -частиц вылетают не **безмассовые γ -кванты**, а достаточно тяжелые частицы.

Поскольку эти частицы обладали большой проникающей способностью и непосредственно не ионизировали газ в счетчике Гейгера, следовательно, они были **электро-нейтральны**.

В результате было доказано существование нейтрона – частицы, предсказанной Резерфордом более чем за 10 лет до опытов Чедвика [31].

Позднее было высказано предположение, что протон-нейтронную модель ядра по аналогии с моделью атома необходимо создавать не на основе законов классической физики, а на основе законов квантовой теории.

Тем не менее, все еще оставался открытым вопрос о строении атомного ядра, и о природе сил, связывающих протоны и нейтроны в ядре. Не было также согласованного представления, собственно, о строении самих атомов, и все больше разгорались споры вокруг их адекватной модели.

Так, в июньском (1911 г.) номере журнала «Philosophical Magazine» была опубликована работа Э. Резерфорда «Рассеяние α - и β -частиц веществом и строение атома», в которой впервые было введено понятие «**атомное ядро**» [32].

В предшествующих данной публикации экспериментах, Резерфорд предложил применить зондирование атомов с помощью α -частиц, которые возникают при радиоактивном распаде радия и некоторых других элементов. Масса α -частиц приблизительно в 7300 раз больше массы электрона, а положительный заряд равен удвоенному элементарному заряду.

В своих опытах Резерфорд использовал α -частицы с кинетической энергией около 5 МэВ (скорость таких частиц очень велика – порядка 10^7 м/с, но все же значительно меньше скорости света).

Схема сконструированной им установки приведена на рис. I.4.

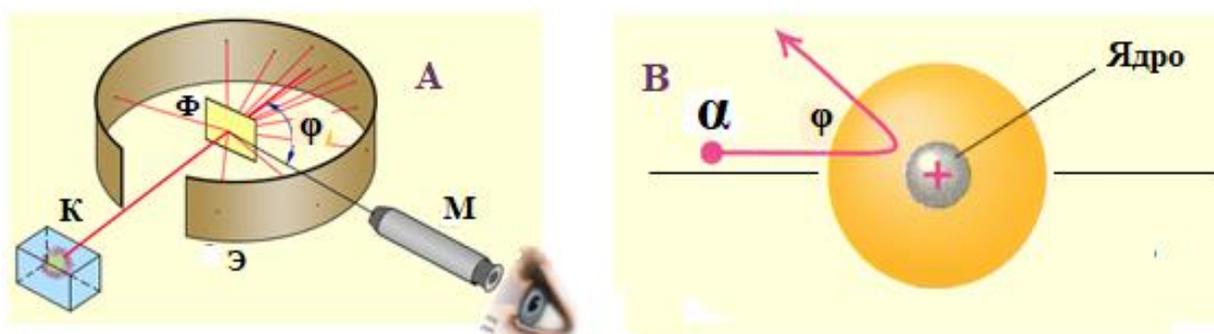


Рис. I.4. Схема опыта Резерфорда по рассеянию α -частиц (А). К – свинцовый контейнер с радиоактивным веществом, Э – экран, покрытый сернистым цинком, Ф – золотая фольга, М – микроскоп. В – интерпретация результатов.

Согласно приведенной схеме, из радиоактивного источника, заключенного в свинцовый контейнер (К), потоки α -частиц были направлены на атомы тяжелых элементов (тонкослойные фольги золота, серебра, меди и др.).

Рассеянные частицы попадали на экран (Э), покрытый слоем кристаллов сульфида цинка, способных светиться под ударами быстрых заряженных частиц.

Сцинтилляции (вспышки) на экране наблюдались глазом с помощью микроскопа. Наблюдения рассеянных α -частиц в опыте Резерфорда можно было проводить под различными углами φ к первоначальному направлению пучка.

Было обнаружено, что большинство α -частиц проходит через тонкий слой металла, практически не испытывая отклонения. Однако небольшая часть частиц отклоняется на значительные углы, превышающие 30° . Очень редкие α -частицы (приблизительно одна на десять тысяч) испытывали отклонение на углы, близкие к 180° .

В соответствии с сформулированной при постановке экспериментов задаче, электроны, входящие в состав атомов, вследствие малой массы не могут заметно изменить траекторию α -частицы.

Рассеяние, то есть изменение направления движения α -частиц, может вызвать только тяжелая положительно заряженная часть атома. Эти результаты привели Резерфорда к выводу, что атом почти пустой, и весь его положительный заряд сосредоточен в малом объеме. Эту часть атома Резерфорд назвал **атомным ядром**.

Резерфорд также проанализировал результаты работы немецкого физика Ханса Гейгера и новозеландского физика Эрнеста Марсдена по рассеянию α -частиц на тонкой золотой фольге, в которой совершенно неожиданно было обнаружено, что небольшое число α -частиц не пролетает мимо «цели», а отклоняется на угол больше 90° [33].

Для объяснения результатов, полученных Гейгером и Марсденом, Резерфорд разработал модель рассеяния точечного электрического заряда другим точечным зарядом основанной на законе Кулона и законах движения Ньютона, и получил зависимость вероятности рассеяния α -частиц на угол φ от энергии E налетающей α -частицы.

Этот результат противоречил господствовавшей в то время модели атома Дж. Дж. Томсона (см. рис. 1.1).

Таким образом, опыты Резерфорда и его сотрудников привели к выводу, что в центре атома находится плотное положительно заряженное ядро, диаметр которого не превышает 10^{-14} – 10^{-15} м. Это ядро занимает только 10^{-12} часть полного объема атома, но содержит **весь** положительный заряд и не менее 99,95 % его массы. Веществу, составляющему ядро атома, следовало приписать колоссальную плотность порядка $\rho \approx 10^{15}$ г/см³. Заряд ядра должен быть равен суммарному заряду всех электронов, входящих в состав атома.

Эта, так называемая, планетарная модель атома, являет собой очевидную аналогию атома с **Солнечной системой**, в которой планеты движутся по некоторым определенным орбитам вокруг массивного притягивающего центра – Солнца [34].

В Солнечной системе огромный её объём создаётся за счёт движения лёгких планет вокруг тяжёлой центральной звезды на колоссальных от звезды расстояниях. За счёт кругового движения планет, совершаемого по инерции, сила гравитационного притяжения звезды уравнивается центробежной силой. Поэтому планеты находятся в состоянии динамического равновесия и не «падают» на звезду.

В структурах атомов отрицательно заряженные лёгкие электроны также испытывают силу притяжения со стороны тяжёлого положительно заряженного ядра. Но этой силе, вопреки гравитационному взаимодействию тел в макромире, приписывается эффект **кулоновского взаимодействия зарядов**.

Напрашивающейся аналогии возможного построения атома по принципам строения планетарных систем, казалось, мешало единственное: законы Джеймса Максвелла и опыты Генриха Герца, из которых следовало, что колеблющиеся (вращающийся) относительно некоторого центра электроны должны излучать энергию [35].

При этом получается, как и в космологии, что чем ближе расположен электрон к ядру, тем с **большой скоростью** он должен вращаться, и тем большей **“частотой колебаний”** должен обладать.

А так как сам атом имеет весьма малые размеры, то необходимая скорость движения электрона сопоставима со световой скоростью и частота колебаний, соответственно, чрезвычайно высока.

В то же время, чем выше частота колебаний, тем больше энергии должно тратиться на излучение, и, тем быстрее должно произойти падение электрона на ядро.

Чтобы спасти “потрясающе красивую идею планетарного атома”, Резерфорду пришлось предположить, что при уменьшении радиуса вращения (в микромире) излучение энергии не только уменьшается, но и прекращается вовсе. Однако, аргументированного ответа на этот вопрос Резерфорд не дал.

Таким образом, в отличие от планетарной модели Солнечной системы, планетарная модель атома считалась с точки зрения классической физики, внутренне «противоречивой».

Это противоречие прежде всего, связывали с наличием у электронов и ядер атомов противоположных по знаку электрических зарядов и возникновения центростремительной силы, как результата их взаимодействия. Наличие же центростремительной силы (**$F_{цс}$**), должно приводить к **ускоренному характеру** движения электронов.

Следовательно, как любые ускоренно движущиеся заряженные частицы, будут излучать электромагнитные волны. Спектр такого излучения должен быть непрерывным, то есть содержать электромагнитные волны с любой длиной волны [36].

Однако экспериментально было установлено, что оптические спектры атомов являются **линейчатыми**. Это означает, что спектры излучения атомов состоят из отдельных спектральных линий. При этом каждый атом имеет свой характерный линейчатый оптический спектр [37].

На рис. I.5. представлены спектральные серии простейшего атома водорода, взятые за основу последующего умозрительного принципа распределения электронов по энергетическим уровням.

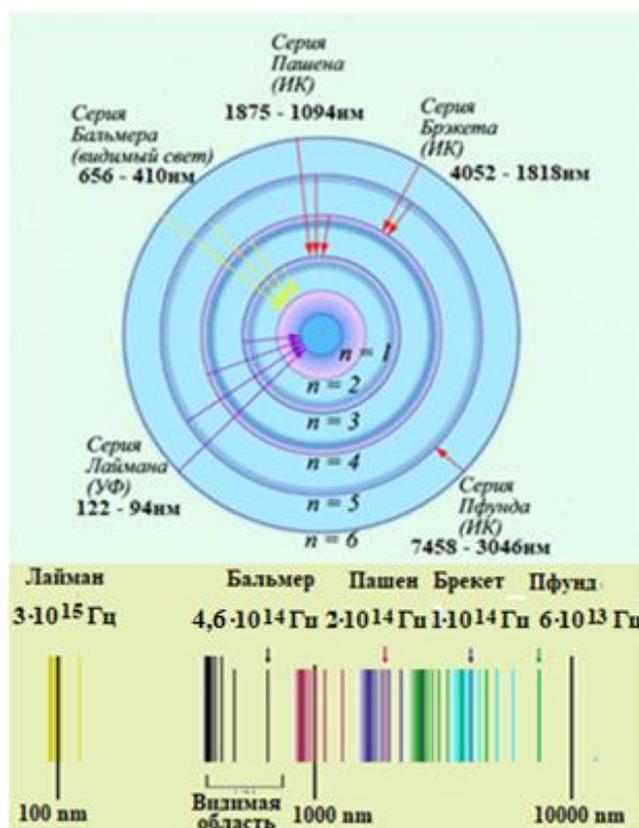


Рис. I.5. Спектральные серии атома водорода, взятые за основу распределения электронов по энергетическим уровням. Серии линий в спектре водорода названы именами открывших их ученых.

Приведенные спектры, характеризующие электронные переходы в атоме водорода: серия Лаймана (самое богатое энергией ультрафиолетовое излучение) возникает в результате переходов с уровней $n = 5, 4, 3, 2$ в основное состояние ($n = 1$); серия Бальмера (видимый свет) возникает при переходах с уровней $n = 5, 4, 3$ на уровень $n = 2$; серия Пашена (красный свет) возникает в результате переходов с уровней $n = 6, 5, 4$ на уровень $n = 3$.

Наиболее ранней была открыта спектральная серия атома водорода, расположенная в видимой части оптического спектра, и названа в честь швейцарского

математика Иоганна Бальмера, описавшего в 1885 г. эту серию математической формулой [38]:

$$\lambda = b \frac{n^2}{n^2 - 2^2} \quad (I.1)$$

где: λ – длина волны излучения; $n = 3, 4, 5, 6$; $b = 3645,6 \text{ \AA}$.- постоянная Бальмера.

Оказывается, будучи убеждённым последователем философской школы пифагорейцев, Бальмер считал, что раскрытие **тайны единства всех наблюдаемых в природе явлений**, в частности природы спектров атомов элементов, следует искать в различных математических комбинациях целых чисел [39].

Существует версия, согласно которой Бальмер однажды похвастался, что может найти формулу для последовательности любых четырёх чисел, характеризующих какое-либо физическое свойство материальных объектов.

В ответ на это, его друг, швейцарский физик и математик Эдуард Хагенбах-Бишоф, **на спор**, предоставил ему численные значения длины волн красной, зелёной, синей и фиолетовой линий водородного спектра, для их математического описания [40].

В результате Бальмер не только дал математическое описание длины волн четырёх известных линий атомного спектра водорода (рис. I.6), но и предсказал существование пятой линии (при $n=7$) с длиной волны 397нм, в ближней ультрафиолетовой области спектра, которую наблюдал шведский ученый-астрофизик Андерс Йонас Ангстрем [41].

Серия Лаймана: $\nu = R \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 2, 3, 4, \dots)$
Серия Бальмера: $\nu = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5, \dots)$
Серия Пашена: $\nu = R \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 4, 5, 6, \dots)$
Серия Брекета: $\nu = R \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 5, 6, 7, \dots)$
Серия Пфунда: $\nu = R \left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 6, 7, 8, \dots)$

Рис. I.6. Математическое описание спектральных серий атомного спектра водорода.

В 1886 году немецкий физик, математик и спектроскопист Карл Давид Рунге предложил использовать в формуле Бальмера вместо длины волны λ её частоту $\nu = c/\lambda$ [42]:

$$\nu = \frac{4c}{b} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (\text{I.2})$$

где c — скорость света; $n_1 = 2$; $n_2 = 3, 4, 5, 6$; $b = 3645,6 \text{ \AA}$.

В 1888 году шведский ученый Йоханнес Роберт Ридберг предложил записывать модифицированную формулу Бальмера (I.2) в том виде, в котором она сохранилась до настоящего времени [43]:

$$\nu = cRZ^2 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad (\text{I.3})$$

где $R = 1,097 \cdot 10^9 \text{ см}^{-1}$ — постоянная Ридберга; Z — атомный номер элемента, или число протонов в ядре элемента; c — скорость света, n_1 и n_2 — целые числа, такие, что $n_1 < n_2$.

Напомним, что в 1880-х годах, Ридберг работал над математической формулой, которая описывала бы взаимосвязь между длинами волн в спектрах щелочных металлов.

Он заметил, что спектральные линии образуют серии, и пришел к выводу, что трудоёмкость производимых расчётов соотношения величин длин волн в таких сериях, может быть облегчена введением в качестве единицы измерения спектроскопического волнового числа ($1/\lambda$), обратно пропорционального длине волны и обозначаемого как: $\bar{\nu}$ (см^{-1}).

Далее, он записал волновые числа (n) следующих друг за другом линий в каждой спектральной серии напротив расположенных в соответствующем порядке целых чисел, представляющих собой порядок линии в данной конкретной серии.

Обнаружив, что получившаяся последовательность имела похожие формы, он предположил, что всю эту последовательность можно описать единой функцией, при подстановке в неё соответствующих констант.

И, когда Ридбергу стала известна формула Бальмера для спектра атома водорода (1), он переписал ее используя обозначения волновых чисел в следующем виде:

$$n = n_0 - \frac{4n_0}{n^2}, \quad (\text{I.4})$$

где n_0 обратно пропорционально константе Бальмера ($n_0 = 1/b$).

Так предложенная Бальмером формула, описывающая четыре линии видимого спектра излучения водорода, получила развитие до принципов, позволяющих описать спектр любого химического элемента.

Тем не менее, безрезультатные попытки объяснить физический смысл формулы Бальмера продолжались почти 30 лет.

В начале 1913 года датский физик-теоретик Нильс Бор работал над тем, чтобы устранить противоречия между классическими законами физики, касательно потенциальной нестабильности атомов, завершающейся «падением» электронов на ядро, в результате излучения энергии вращающимися электронами в планетарной модели атома Резерфорда [44].

Его сподвижник, физик-спектроскопист, Ханс Хансен [45] посоветовал Бору обратить внимание на спектральные формулы, дающие математическое описание линейчатых спектров атома водорода (рис. I.5).

Впоследствии Бор неоднократно говорил: *«Как только я увидел формулу Бальмера, все немедленно прояснилось передо мной»*.

Несомненно, планетарная модель атома, предложенная Резерфордом, явилась крупным шагом вперед в развитии знаний о строении атома.

Она была совершенно необходимой для объяснения опытов по рассеянию α -частиц, однако оказалась неспособной объяснить сам факт длительного существования атома, т. е. его устойчивость.

Однако, нужно было как-то объяснить, почему, согласно законам классической электродинамики, вращающиеся вокруг ядра электроны не излучают энергию и не падают на атомные ядра.

Один из множества вопросов, также возникших при формировании представлений о реальном строении атомов, заключался в том, что для возникновения излучения заряженные и движущиеся ускоренно составляющие его частицы должны иметь конечный, т.е. не равный нулю, размер.

Так, если любая заряженная частица (например, электрон, протон или ион) ускоряется, то энергия (мощность) излучаемая в виде электромагнитных волн, определяется формулой Лармора [46]:

$$P = \frac{2}{3} \frac{m_e r_e a^2}{c} \quad (I.5)$$

где: P – энергия излучения электрона; m_e – масса электрона; r_e – классический радиус электрона; a – ускорение движения электрона; c – скорость распространения электромагнитной волны (света).

Соответственно, если электромагнитное излучение является следствием ускоренного движения более массивных частиц, то их метрические параметры должны быть введены в приведенную формулу (I.5).

Из того факта, что заряженные частицы - электроны и протоны - излучают, если движутся с ускорением, следует, что эти частицы не могут быть точечными, т. е. они имеют **пространственную структуру** и определенным образом распределены в пространстве.

Характерные размеры такого распределения могут быть очень малыми, но не равными нулю.

Согласно современным представлениям, протон, как и любая квантово-механическая система, не имеет чётких метрических границ, так как «составляющие его кварки» размазаны в пространстве в соответствии со своей волновой функцией.

Поэтому нельзя однозначно сказать, что такое размер протона – это вопрос соглашения. В качестве размера можно выбрать электрический либо магнитный радиус или другую характерную величину, эквивалентную размерности длины.

Однако чаще всего за размер элементарной частицы принимают средне-квадратический радиус распределения электрического заряда, т.н. (электрический радиус).

Поскольку, согласно квантовой механике, атомы не имеют четких границ, а вероятность найти электрон, связанный с ядром данного атома, на определённом расстоянии от этого ядра быстро убывает с увеличением расстояния, атому приписывают некоторый определённый радиус, полагая, что в сфере этого радиуса заключена подавляющая часть электронной плотности (порядка 90 процентов).

Существуют различные определения радиуса атома, три наиболее широко используемых из них – это: радиус Ван-Дер-Ваальса, ионный радиус и ковалентный радиус.

В зависимости от определения термин «радиус атома» может применяться либо только к изолированным атомам, либо также к атомам в конденсированной среде, ковалентно-связанным в молекулах или в ионизированном и возбужденном состояниях; его значение может быть получено путем экспериментальных измерений или вычислено из теоретических моделей. Значение радиуса может зависеть также от нахождения атома в «возбужденном» или стационарном состоянии и соответствующего влияния окружающей среды [47].

Электроны, согласно квантовой теории тоже не имеют четко определённых орбит или границ. Скорее, их положения могут быть описаны как распределения вероятностей, которые постепенно сужаются по мере удаления от ядра без резкого изменения их значения. Кроме того, в конденсированном веществе

и молекулах электронные облака атомов обычно в некоторой степени перекрываются, и некоторые из электронов могут перемещаться в области, охватывающей два или более атомов («принадлежать» нескольким атомам одновременно).

Согласно большинству определений, радиусы изолированных нейтральных атомов колеблются в диапазоне от 30 до 300 пикометров (или от 0,3 до 3 ангстрем), в то время как радиусы атомных ядер находятся пределах от 0,83 до 10 фемтометров (1 пикометр = 1000 фемтометров).

Следовательно, радиус типичного атома примерно в 30 тысяч раз больше радиуса его ядра.

Во многих случаях форма атома может быть аппроксимирована сферой.

Однако, это лишь грубое приближение, но оно может дать количественные представления и выступить в качестве базовой модели для описания многих проявлений вещественной материи, таких как плотность жидкостей и твердых веществ, диффузия жидкостей через молекулярные сита, расположение атомов и ионов в кристаллах, а также размер и форма молекул.

Радиусы атомов изменяются, подчиняясь определённым закономерностям, отображаемым в периодической таблице химических элементов.

Например, радиусы атомов обычно уменьшаются при перемещении слева направо вдоль каждого периода (строки) таблицы, от щелочных металлов до благородных газов, и возрастают по мере продвижения сверху вниз в каждой группе (столбце).

Радиусы атомов резко возрастают при переходе между благородным газом в конце каждого периода и щелочным металлом в начале следующего периода.

Эти тенденции изменения радиусов атомов (наряду с другими химическими и физическими свойствами элементов) могут быть объяснены с точки зрения теории электронной оболочки атома, а также используются в качестве доказательства справедливости квантовой теории атомной физики [48].

Считается, что область пространства наиболее вероятного нахождения электронов, определяется соответствующими значениями главного квантового числа (n) и орбитального числа (l). Число же электронов в каждой электронной оболочке не может превышать определенного максимального значения.

Порядок заполнения электронных оболочек (орбиталей с одинаковым значением главного квантового числа n) определяется правилом Клечковского, которое гласит, что: заполнение электронами орбиталей в атоме происходит в порядке возрастания суммы главного и орбитального квантовых чисел ($n+l$).

При одинаковой сумме раньше заполняется орбиталь с меньшим значением главного квантового числа.

Правило заполнения электронами орбиталей в пределах одного подуровня орбиталей с одинаковыми значениями главного квантового числа (n) и орбитального квантового числа (l) определяется правилом Хунда (сформулировано немецким физиком Фридрихом Хундом в 1925 году) [49].

Это означает, что в каждой из орбиталей подслоя заполняется сначала один электрон, а только после исчерпания незаполненных орбиталей на эту орбиталь добавляется второй электрон. При этом на одной орбитали находятся два электрона с полуцелыми спинами противоположного знака, которые спариваются (образуют двухэлектронное облако) и, в результате, суммарный спин орбитали становится равным нулю.

Для запоминания правила Хунда была придумана шутливая поговорка:

*Ты приглядишь, решив присесть,
К местам трамвайного вагона:
Когда ряды пустые есть,
Подсаживаться нет резона.*

В настоящее время накопились экспериментальные данные и теоретические расчёты, позволяющие уточнить значения «электрических радиусов» тяжёлых ядер и выяснить некоторые детали пространственного распределения заряда ядра.

Однако, согласно существующим представлениям, электроны все же не имеют четко определённых орбит или границ. Скорее, их положения могут быть описаны как распределение вероятностей, которые постепенно сужаются по мере удаления от ядра без резкого изменения этого параметра [50].

Для исследования распределения заряда можно использовать такие явления, в которых основную роль играет электромагнитное взаимодействие частиц.

Так, измерения электрического радиуса протона в случае атомов обычного водорода привели к результату $0,8751 \pm 0,0061$ фм. (1 фемтометр = 10^{-15} м.)

Масса протона составляет $1,6726 \cdot 10^{-27}$ кг или 938,27 МэВ, что примерно в 1836 раз больше массы электрона.

Для преодоления противоречий, возникших при описании строения атома на основе законов классической механики и электродинамики с экспериментальными (спектральными) данными, Нильс Бор в 1913 г. в работе «О строении атомов и молекул» предложил новую, **квантовую модель атома**.

I.1. Квантовая модель атома, и «полуклассическая» модель, предложенная Нильсом Бором.

В начале XX века в научное сообщество физиков пришла пьянящая радость побед в связи с открытием и становлением квантовой механики и квантовой физики. На основании исследования спектров излучения и поглощения веществом фотонов возник мощный математико-физический формализм, изобилующий принципами, догадками, постулатами, толкованиями, моделями и загадочными формулами, которые, как ни странно, «работают» и сегодня.

К большому сожалению следует констатировать тот факт, что в современном научном сообществе физиков и химиков роль традиционных теоретических концепций постепенно снижается и сегодня они представляют интерес только в среде, так называемых, ученых «старой школы».

Объясняется это тем, что квантовая теория провозгласила и «формально доказала», что традиционная, классическая атомно-молекулярная теоретическая парадигма основана на примитивных представлениях об электроны, а все основные проявления, имеющие место в микромире – энергия меж-атомарной и меж-молекулярной связи, строение и реакционная способность химических соединений – теоретически позволяет определить только квантовая химия.

В полном соответствии с этой доктриной, монографии и учебники по физике и химии в настоящее время пишут практически по одной схеме. Вначале излагают основы атомизма в эпоху античной цивилизации и средневековья.

Вслед за этим приводят описание результатов целенаправленного исследования строения атомов. Далее, дают сведения о развитии квантовой механики, приводят ряд основных уравнений (уравнение де-Бройля, Шредингера), затем описывают решение квантовых задач для простых случаев (например, электрон в потенциальной яме, ящике и в атоме водорода). После чего описывают основные способы приближенного решения уравнения Шредингера, методы валентных связей, молекулярных орбиталей и т.п. Что же касается химической дисциплины, то начиная с предыстории химии и, главным образом, истории развития теории химической связи и теории химического строения переходят к изложению положений до квантовой – «доисторической» науки, основой которой является химический эксперимент, и теоретические объяснения, вытекающие из него.

Вероятно, что наряду с доминирующей позицией, квантовой парадигмы среди естественнонаучных дисциплин, имеет право на существование и такая

точка зрения, что появление квантовой физики и химии в их весьма абстрактном изложении, определенным образом затормозило развитие классических представлений о реальной сущности материи, охватываемой масштабом микромира.

Эта точка зрения оправдана тем, что основные положения квантовой физикохимии, базирующиеся на предшествующих теоретических предпосылках квантовой физики микромира, в частности, на квантово-механической теории атомов, требующей привлечения труднодоступного, громоздкого математического аппарата, не дают возможности на доступном уровне воспринимать мир материи, как объективную реальность.

Иными словами, что касается «квантовой» теории, то, как оказалось, она представляется сегодня как «математика ради математики» [51].

Все, что приписывается квантовой механике со ссылкой на практические результаты и достижения – это не более чем иллюзорные достижения, когда желаемое выдается за действительное.

В этом отношении характерно еще одно общепринятое заблуждение. В учебной литературе и монографиях, даже в текстах критического содержания, встречаются ссылки (в полной уверенности на их достоверность) на то, что выводы квантовой механики имеют «превосходное» экспериментальное подтверждение. Так, например, общепризнанное уравнение Шредингера описывает распространение волны вероятности нахождения электрона в заданной точке пространства. Но «согласие» с экспериментом получено только для атома водорода.

Это, якобы согласие, полученное с помощью не имеющего физического смысла уравнения Шредингера, представляется скорее подгонкой под известный результат, который был ранее получен в рамках теории Бора (1913 г.). Фактически произошла исторически значимая фальсификация выводов исходных положений квантовой механики. Убедительное доказательство несостоятельности уравнения Шредингера дано в работах Шпенькова Г.П. [52,53]

Специфическим отличием этого волнового уравнения от классических уравнений распространения различных волн состоит в присутствии мнимых коэффициентов, **которые принципиально неустранимы в волновой « ψ – функции» (см. уравнения 1.6 и 1,7).** Наличие в этих уравнениях мнимой части привело к тому, что физический смысл приобретают лишь квадраты переменных, в частности квадрат « ψ – функции», который отождествили с вероятностью местонахождения электрона в потенциальном электрическом поле протона. Сама же « ψ – функция» физического смысла не имеет.

Отсутствие физического смысла « ψ – функции» – не единственный недостаток уравнения, но достаточно показательный. Уравнение, призванное описывать состояние электрона, должно, по идее, описывать все его свойства, но этого волновое уравнение Шредингера не дает.

Таким образом, уравнение Шредингера представляет собой парадокс, связанный с уходом от физики реального движения частицы (электрона) по близким к круговым орбитам за счёт использования некой вероятностной волновой функции в виде электронной оболочки. Причём для нахождения вероятностной волновой функции изначально используется именно корпускулярное движение по орбитам на основе детерминированного уравнения Гамильтона-Якоби, а это есть ничто иное, как парадокс.

Становится все более очевидным, что поставленная в 20-х годах проблема описания атома не может быть разрешена на основе волновых и вероятностных представлений. Поэтому вопрос достоверного описания свойств вещества остается главным при построении более реалистичной теории.

Этот вопрос приобретает еще и практическую значимость, в связи с появившимися в конце прошлого столетия надеждами на создание искусственных материалов и продуктов методом атомно-молекулярной сборки.

Сегодня цели и задачи теории и практики оказываются общими, а фундаментальные исследования электронного строения вещества выходят на уровень инженерных расчетов элементов искусственно создаваемых атомно-молекулярных конструкций.

По сути, создание прогностической теории вещества можно рассматривать как социальный заказ со стороны практики.

В этом отношении предлагаемая **неоклассическая теория атома** может служить основой научного обеспечения и сопровождения технологии производства искусственных материалов.

Она опирается на законы классической механики и электростатики. Ее основные положения находят свое экспериментальное подтверждение. Используемые при построении теории модели доведены до уровня количественного описания.

Коснемся этого вопроса подробнее.

Еще раз напомним, что современная квантовая физика постановку вопроса о траектории вращательного движения электрона вокруг ядра атома, как таковой, считает несостоятельной [54].

1.2. Неоклассическая теория атома Бора и электромагнитное излучение вращающегося электрона.

Как уже упоминалось, правильной (согласно существующей точки зрения), считается постановка вопроса о вероятности нахождения электрона в той, или иной области пространства вокруг ядра атома.

Отказавшись от описания движения электронов с помощью траекторий, получаемых из законов классической динамики, и определив вместо этого их волновую функцию, что вытекало из выдвинутого в 1923-24 годах французским физиком-теоретиком Луи де Бройлем представления о дуалистической (корпускулярно-волновой) природе элементарных частиц, необходимо было вывести уравнение, эквивалентное законам Ньютона, дающее возможность определить состояние электрона с помощью т.н. волновой пси функции (Ψ).

Вид этой функции получается из решения волнового уравнения, предложенного австрийским физиком, лауреатом Нобелевской премии Эрвином Шрёдингером в 1926г [55], которое выглядит следующим образом:

$$-\frac{\hbar^2}{2m}\Delta\Psi + U\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t} \quad (1.6)$$

Здесь m - масса частицы, U – ее потенциальная энергия, i – мнимая единица, Δ – оператор Лапласа [56].

В результате понятие орбит вращения электронов вокруг ядра было заменено эфемерным понятием **атомных орбиталей**.

Вид атомных орбиталей находится решением волнового уравнения Шрёдингера, выражая волновую функцию $\Psi(x, y, z)$ в полярных координатах:

$$\Psi(x, y, z) = \Psi_{nml}(r, \Theta, \varphi), \quad (1.7)$$

где r – расстояние между электроном и ядром; Θ и φ – углы, характеризующие положение в пространстве прямой r , соединяющей электрон с ядром.

Атомные орбитали принято изображать в виде облака вероятности нахождения электрона в пространстве вокруг атомного ядра, расположение которого соответствует началу координат. Различным цветом обозначают области электронного облака, отличающиеся знаком волновой функции ($\Psi > 0$ или $\Psi < 0$). Изменение знака соответствует наличию узловой поверхности ($\Psi = 0$), где вероятность присутствия электрона равна нулю.

В результате привычный для восприятия вид траекторий вращающихся электронов был подменен трудно воспринимаемыми формами электронных облаков (рис. 1.7.).

Как было упомянуто выше, попытка найти компромисс между моделью атома Резерфорда, описываемой в рамках классической механики и квантовыми постулатами была предпринята в т.н. **полуклассической теории Бора**.

Изначально, в качестве объекта приложения идей квантовой модели атомов, разработанной Нильсом Бором, был выбран простейший атом водорода, содержащий один единственный электрон, движущийся по замкнутой орбите в кулоновском поле ядра – протона.

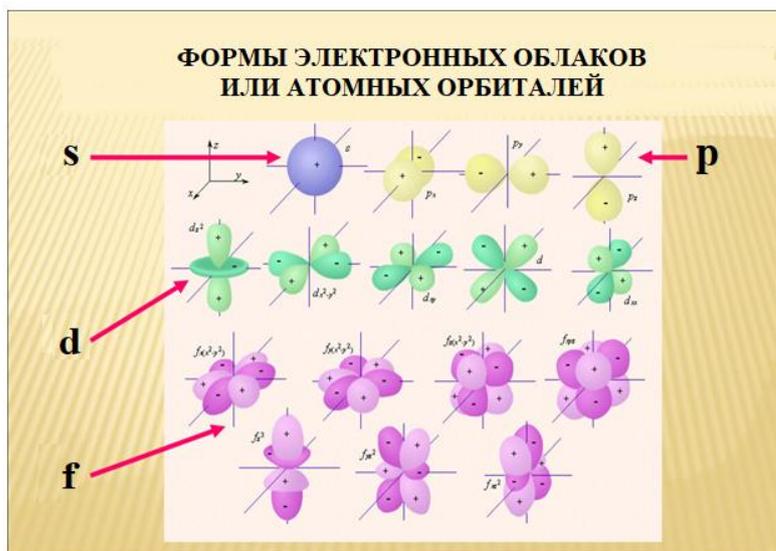


Рис. 1.7. **s,p,d,f** конфигурации электронных облаков, вытекающие из квантовых представлений о строении атомов.

В дальнейшем, по мере развития квантовых представлений от некоторых идей Бора физики отказались и устойчивое состояние атома, как водорода, так и любого другого атома, безоговорочно принято теперь описывать набором из **четырёх квантовых чисел**.

Каждому устойчивому состоянию атома соответствует исключительно конкретный набор этих квантовых чисел, а именно: n – главного квантового числа, описывающего энергетическое состояние атома с электроном на конкретной орбите и радиус орбиты, l – орбитального квантового числа, указывающего момент импульса электрона на данной орбите, m_l – магнитного квантового числа, характеризующего ориентацию в пространстве орбитального момента импульса электрона или пространственное расположение атомной орбитали, s_i – спиновое квантовое число, определяет направление вращательного движения электрона вокруг собственной оси.

Атом каждого химического элемента имеет полный набор всех орбиталей. Орбитали существуют независимо от того, находится на них электрон или нет, их заполнение электронами происходит по мере увеличения порядкового номера, то есть заряда ядра и, соответственно, количества электронов.

Таким образом, квантовая физика представляет строение атома и его поведение дискретным набором возможных состояний.

Переходы атома из одного состояния в другое квантовая теория видит в приобретении или же избавлении от порций энергии, при их поглощении или же излучении в виде фотонов.

Как уже упоминалось, при разработке квантовой теории строения атома значительное влияние оказало выдвинутое в 1923-24 годах французским физиком-теоретиком Луи де Бройлем представление о дуалистической (корпускулярно-волновой) природе элементарных частиц, в частности, вращающихся вокруг положительно заряженного ядра отрицательно заряженных электронов.

Одновременно было сформулировано понятие **волны де Бройля** [57].

Напомним, что волны де Бройля имеют специфическую природу, не имеющую аналогии среди волн, изучаемых в классической физике.

В соответствии с принятой терминологией говорят, что волны де Бройля связаны с любыми частицами и отражают их волновую природу.

Квадрат амплитуды волны де Бройля (A^2) в данной точке пространства является мерой вероятности того, что частица обнаруживается именно в этой точке.

Полученные дифракционные картины, характеризующие процесс рассеяния электронов на совокупности частиц вещества, свидетельствуют о том, что электрон проявляет волновые свойства.

Эти дифракционные картины являются проявлением статистической закономерности, согласно которой частицы (электроны) попадают в определённые места расположения – туда, где интенсивность волны де Бройля оказывается наибольшей.

Частицы не обнаруживаются в тех местах, где, согласно статистической интерпретации, квадрат модуля амплитуды «волны вероятности» обращается в нуль.

Формула де Бройля устанавливает зависимость длины волны (λ), связанной с движущейся частицей вещества, от импульса частицы (p), а полной энергии (E) – от частоты (ν), помноженной на постоянную Планка в виде релятивистских, инвариантных соотношений, входящих в раздел квантовой физики, в котором рассматриваются релятивистские квантовые законы движения микро-частиц в одно-частичном приближении:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \text{и} \quad E = h\nu \quad (\text{I.8})$$

Таким образом, обоснование устойчивости орбит вращающихся электронов, при выполнении необходимого условия устойчивости, квантовая теория видит в том, что на длинах устойчивых (стационарных) орбит электронов укладывается обязательно **целое число (n)** длин волн Де Бройля (λ), а именно:

$$\frac{2\pi r_e}{\lambda} = n^2 \quad (I.9)$$

В первом приближении, при разработке квантовой модели атомов, ядро атома считалось неподвижным, а электронные орбиты – круговыми орбитами.

Чтобы такое условие выполнялось автоматически, Бор сформулировал основные принципы теории атома водорода в виде **трех постулатов** [58]:

1. Электрон в атоме может двигаться только по определенным стационарным орбитам, каждой из которых можно приписать определенный номер: $n = 1, 2, 3 \dots$

Такое движение соответствует стационарному состоянию атома с неизменной полной энергией (E_n). Это означает, что движущийся по стационарной замкнутой орбите электрон, вопреки законам классической электродинамики, **не излучает энергии** (рис. I.8).

2. Разрешенными стационарными орбитами являются только те, для которых угловой момент импульса (L) электрона равен целому кратному величине постоянной Планка ($\hbar = h/2\pi = 1,0545726 \cdot 10^{-34}$ Дж·с).

Поэтому для n -ой стационарной орбиты выполняется условие квантования:

$$L = m_e \cdot v \cdot r_e = n \cdot \hbar, \quad n = 1, 2, 3 \dots \quad (I.10)$$

где: m_e - масса электрона, v - орбитальная скорость электрона, r_e - радиус орбиты электрона, n - целое число (оно же главное квантовое число).

3. Излучение или поглощение кванта энергии происходит при переходе атома из одного стационарного состояния ($n+1$) в состояние (n). При этом частота (ν) излучения атома определяется разностью энергий атома в двух стационарных состояниях:

$$\hbar \cdot \nu_{ni} = E_{n+1} - E_n \quad (I.11)$$

Приведенные постулаты Бор применил для того, чтобы сформулировать теорию строения атома водорода и высказать несколько тезисов касательно радиусов орбит электрона и размеров атома в возбужденном и стационарном состоянии, а также частот излучаемых и поглощаемых им электромагнитных волн.

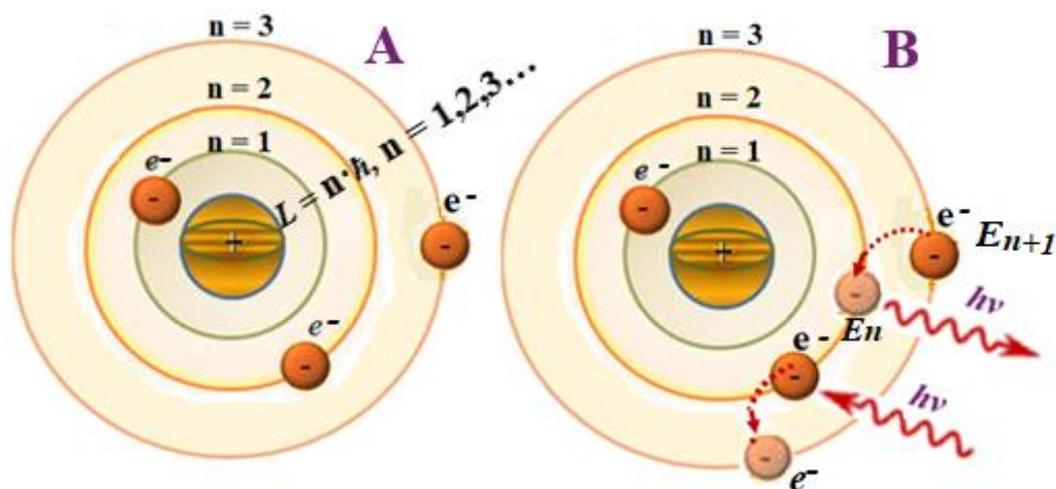


Рис. 1.8. Иллюстрация «полуклассической» модели атома (по Бору). А – вращение электронов на стационарных орбитах $n = 1, 2, 3, \dots$ В – поглощение и излучение кванта электромагнитной энергии электронами при переходе от одной стационарной орбиты к другой.

Как следует из постулатов Бора, частота излучения атома **не связана** с частотой вращения электрона по стационарным орбитам, и в то же время, она определяется разностью значений энергии атома E_{n+1} и E_n в начальном, (возбужденном), и конечном состояниях.

В этом определении, по нашему мнению имеет место **несоответствие** факта возрастания частоты вращения электрона при переходе с более отдаленной от ядра орбиты на менее отдаленную, что, определяет более высокое значение кванта энергии ультрафиолетового и рентгеновского излучения ($E = h\nu$), возникающего при «перескоках» электронов на внутренних слоях их расположения, нежели во внешних слоях.

Но об этом чуть позже.

Как было отмечено выше, Бальмером было показано, что частоты колебаний ν , соответствующие всем линиям водородного спектра (рис. 1.5), могут быть получены из одной и той же эмпирической формулы:

$$\nu = R \cdot (1/2^2 - 1/n^2), \quad (1.12)$$

где R – определяемая из опыта постоянная (Ридберга), а n – любое целое число, начиная с 3.

Напомним, что Бальмер при выводе математического описания спектральных серий атома водорода исходил из принципа, что любой физический процесс, независимо от его природы может быть описан удачно подобранной комбинацией простых чисел.

Причем, при подстановке в полученное математическое выражение соответствующих эмпирически подобранных коэффициентов, можно добиться описания разных по природе процессов одной и той же математической моделью.

Формулу Бальмера подвергали проверке следующим образом: число колебаний для первой спектральной линии в известном тогда ряде спектральных линий водородного спектра, определенном путем обычных спектрометрических измерений, подставляли в качестве ν (частота колебаний) в формулу (I.12), а вместо n подставляли число 3.

Таким образом, получали значение постоянной Ридберга (R). Численное значение константы Ридберга, рекомендованное междисциплинарным комитетом Международного совета по науке составляет: $R_{\infty} = 10\,973\,731,568\,160\text{ м}^{-1}$.

С увеличением массы ядра атома значение постоянной Ридберга стремится к значению R_{∞} , которое является пределом для водородоподобного атома с бесконечно тяжёлым ядром.

Далее в эту формулу подставляли вместо n числа: 4, 5, 6..., и находили соответствующие числа колебаний для второй, третьей и т. д. линии водородного спектра.

Примечательно, что эти числа с исключительной точностью совпадали с результатами спектрометрических измерений.

Согласно точке зрения Бора, для нахождения энергии электрона, вращающегося на любой из устойчивых (стационарных) орбит, справедливо следующее выражение [59]:

$$E_n = C - R_i \cdot h \cdot (1/n^2), \quad (\text{I.13})$$

где C – постоянная величина, равная энергии электрона, удаленного от ядра на бесконечно большое расстояние, h – постоянная Планка, а R_i – постоянная Ридберга, входящая в формулу Бальмера (I.12).

Чтобы получить величины энергии для первой, второй и т. д. орбиты, необходимо вместо n подставлять последовательность чисел: 1, 2, 3 и т.д. Таким образом, после подстановки указанных чисел, формула Бальмера приобретает следующий вид:

$$E_n - E_2 = h\nu. \quad (\text{I.14})$$

Действительно, подставляя в формулу (I.13) значение $n = 2$, мы получаем: $E_2 = C - R_i \cdot h \cdot (1/2^2)$, и, вычитая полученное выражение из (I.13), имеем:

$$E_n - E_2 = R_i \cdot h \cdot (1/2^2 - 1/n^2), \quad (\text{I.15})$$

Тогда, с учетом эмпирически найденного Бальмером выражения (I.12), получаем: $E_n - E_2 = h\nu$, т.е. формулу (I.14).

Естественно, возникает вопрос касательно физического смысла этого выражения (I.14).

Если E_n есть энергия электрона на орбите порядка n , например, на 3-й, 4-й, 5-й, и т.д., а E_2 – энергия электрона на второй орбите, считая от ядра атома, то электрон, перескакивая с орбиты n на вторую орбиту, должен потерять количество энергии $E_n - E_2$, и именно эта энергия преобразуется в один «квант» лучистой энергии $h\nu$.

Ясно, что если мы будем изменять значение n , т.е. будем рассматривать перескок электрона с различных орбит, например, на вторую (см. рис. I.7), то мы будем получать лучистую энергию различной частоты (ν), т.е. будем наблюдать различные расположения спектральных линий.

При этом у нас будут получаться различные величины «квантов энергии» $h\nu$, в зависимости от разности величины энергии электрона на орбитах (n) и (2), т.е. $E_n - E_2$.

Однако, как показал Бор, электроны в атомах водорода не всегда перескакивают на вторую орбиту.

Действительно, при определенных условиях атомы водорода, при перескоке электрона, например, на первую или третью орбиты испускают другие «серии» спектральных линий, определяемые уравнениями:

$$E_n - E_1 = h\nu_1 \quad \text{и} \quad E_n - E_3 = h\nu_3 \quad (\text{I.16})$$

Эти спектральные линии получаются, когда электроны с более отдаленных орбит перескакивают на первую, вторую, или на третью устойчивую орбиту вблизи ядра. Серия Бальмера, как было показано выше, соответствует перескоку электронов на вторую орбиту (считая от ядра).

Во всяком случае, в модели атома, предложенной Бором **не ясен** физический смысл, «устойчивости» стационарных орбит движения электронов. Иными словами, почему обозначенные Бором орбиты электронов, как стационарные, действительно устойчивы с точки зрения отсутствия излучения.

И, наконец, **неясно**, какими причинами вызывается межорбитальный «прыжок» электрона, и почему в одних случаях электрон попадает на вторую орбиту, в других – на первую или на третью?

Объяснить это Бор не мог, и потому он в этом случае ограничился полуэмпирическим математическим описанием модели атома.

В результате он предоставил лишь «правило», согласно которому можно определять «устойчивые» орбиты электронов, вращающихся вокруг атомных ядер, и как для этих орбит, обычным «классическим» способом, вычислять их энергию, сообразно конкретной модели атома.

Еще раз отметим, что одно из самых **основных противоречий** в теории атома Бора, заключается в том, что электрон, вращающийся по замкнутой орбите – одной из так называемых устойчивых орбит, совершенно не теряет энергию на излучение, тогда как согласно классической электродинамике, движение электрона «с ускорением» должно сопровождаться потерей энергии в результате **электромагнитного излучения**.

Совершенно неожиданно это противоречие Бор пытался объяснить тем абсурдным, не подлежащим здравому смыслу явлением, что, мол, вращаясь по замкнутой, стационарной орбите, электрон, согласно требованиям классической электродинамики, излучает, но энергия излучаемых волн **«равна нулю»**. В этом случае возникает правомерный вопрос: является ли орбитальное движение электрона, находящегося под действием уравновешивающих друг друга центростремительной и центробежной сил, движением **с ускорением**, подобно равноускоренному прямолинейному движению тела под действием приложенной силы?

Казалось бы, очевидным, что если рассматривать вращательное движение электронов по стационарным орбитам в условиях отсутствия ускорения и отсутствия тормозящего влияния среды, обеспечивающих постоянство орбитальной скорости, то при **отсутствии постоянного притока дополнительной энергии**, нарушающей равновесие приложенных к электрону сил, энергия, расходуемая на излучение не может взяться ниоткуда.

Попытаемся проиллюстрировать это положение следующим рисунком (рис. I.9).

Из приведенной иллюстрации видно, что на вращающийся по инерции вокруг протона электрон, как это принято в классической физике, одновременно действуют уравновешивающие друг друга силы: центростремительная ($\vec{F}_{цс}$) и центробежная ($\vec{F}_{цб}$).

Считается, что природа центростремительной силы определена кулоновским взаимодействием разноименных зарядов электрона и ядра атома, т.е. сводится к притяжению электрона к ядру. И именно орбитальное вращение электрона обуславливает наличие центробежной силы, уравновешивающей силу центростремительную.

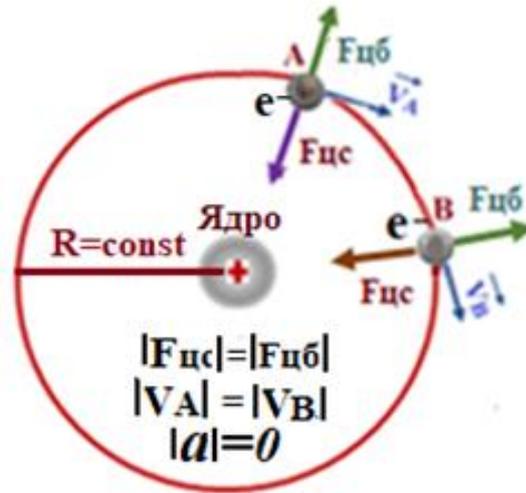


Рис. I.9. Модель стационарной орбиты электрона, вращающегося по инерции вокруг ядра атома водорода (протона).

Находясь под действием равных по модулю центростремительной и центробежной сил, электрон, естественно, будет совершать вращательное движение вокруг центра вращения – протона, по орбите с постоянным радиусом R .

Следовательно, переместившись из точки **A** в точку **B** за время Δt электрон будет подвержен действию тех же уравновешивающих друг друга скомпенсированных сил, соответственно равных как по модулю, так и противоположно направленным векторам.

Согласно уравнению второго закона Ньютона, связывающему ускорение и массу материальной точки (тела) в инерциальных системах с действующей на нее результирующей силой [60]:

$$\vec{F}_p = m \cdot \vec{a}, \quad (I.17)$$

причиной ускорения движения тел является действие на них только **не скомпенсированных сил**.

В случаях же воздействия на тело или материальную точку уравновешивающих друг друга сил, тело будет находиться в состоянии равноценном состоянию покоя, т.е., ускорение такого движения (по модулю) должно отсутствовать.

В этой связи позволим себе высказать мнение, что центростремительное ускорение, при равномерном вращательном движении электрона по т.н. стационарным орбитам является **мнимой величиной**, так как действующая на электрон центростремительная сила полностью уравновешена центробежной силой, являющейся **силой инерции**, обозначаемой в третьем законе механики Ньютона, как сила противодействия первой, прилагаемой к электрону силе [61].

Так как в рассматриваемом случае (см. рис. I. 8) модуль центростремительного ускорения связан с разницей орбитальных скоростей вращения электрона V_A и V_B соотношением:

$$|\mathbf{a}_c| = \frac{(V_A - V_B)^2}{R} = 0, \quad (\text{I.18})$$

то при равенстве $V_A = V_B$, модуль центростремительного ускорения равен нулю.

В связи с высказанной точкой зрения, излучение, как результат ускоренного движения заряженного тела (электрона), должно отсутствовать.

Совершенно другая ситуация возникает, если атому сообщить дополнительную энергию, способствующую его переходу в возбужденное состояние.

Возбуждение атомов может инициироваться различными способами, например, «столкновением» с атомами, находящимися в хаотическом тепловом движении, пропусканием через вещество потока высокоэнергетических частиц (электронов, альфа-частиц и др.) и, наконец, поглощением атомами электромагнитного излучения.

При этом, электрон, вращавшийся на определенной стационарной орбите, близлежащей к ядру атома, например, боровской орбите (\mathbf{n}_1), с орбитальной скоростью $V_{\mathbf{n}_1}$ «перескакивает» на более отдаленную орбиту, например, \mathbf{n}_3 , вращаясь с орбитальной скоростью $V_{\mathbf{n}_3}$ (рис. I.10).

Следовательно, наличествует разница между величинами кинетической энергии вращательного движения электрона на орбитах \mathbf{n}_3 и \mathbf{n}_1 :

$$E_{\mathbf{n}_3} = \frac{mV_{\mathbf{n}_3}^2}{2} > E_{\mathbf{n}_1} = \frac{mV_{\mathbf{n}_1}^2}{2} \quad (\text{I.19})$$

Здесь m – неизменная масса электрона = $9.1093837 \times 10^{-31}$ кг.

Естественно, что для выполнения условия (I.19), должно иметь место неравенство: $V_{\mathbf{n}_3} > V_{\mathbf{n}_1}$.

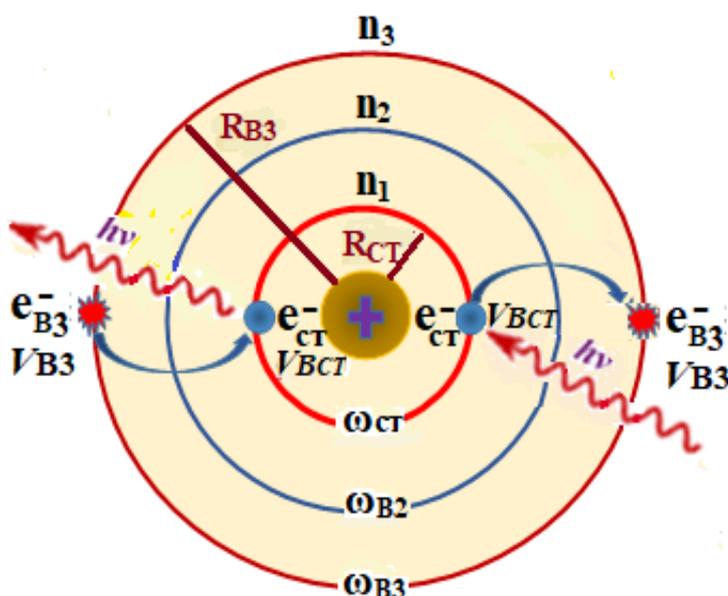


Рис. I.10. Иллюстрация «перескока» электрона с ближней к ядру орбиты (\mathbf{n}_1) на более отдаленную орбиту (\mathbf{n}_3) при поглощении атомом энергии $E=h\nu$, и электромагнитного излучения, возникающего при возвращении электрона на стационарную орбиту (\mathbf{n}_1).

Именно эта разница кинетической энергии вращения электрона в возбужденном и основном (стационарном) состоянии атома ($En_3 - En_1 = h\nu$) расходуется на излучение при обратном «перескоке» электрона на исходную орбиту.

Естественно, что в возбужденном состоянии, при **прекращении поступления энергии извне**, атом долго находиться не может. Как и любая физическая система, атом должен стремиться занять состояние с наименьшей энергией, т.е. прийти к новому энергетическому равновесию с окружающей материальной средой. Поэтому через время порядка $10^{-8} - 10^{-10}$ с электрон в возбужденном атоме самопроизвольно (спонтанно) переходит в состояние вращения с меньшей кинетической энергией, испуская при переходе излучение в количестве, соответствующем указанной выше разнице кинетической энергии вращательного движения электрона.

Такой процесс для совокупности атомов продолжается до тех пор, пока все атомы не окажутся в основном состоянии, т.е. в том энергетическом состоянии, в котором они находились до воздействия привносимой извне энергии.

После прекращения воздействия внешнего источника энергии, электрон, находясь в поле Кулоновского взаимодействия с положительно заряженным ядром под действием центростремительной силы, переходит с более «высокой энергетической орбиты» на «менее высокую», соответственно, со снижением орбитальной скорости вращения ($Vn_3 > Vn_1$), испытывая при этом отрицательное ускорение (торможение):

$$-|\vec{a}_c| = \frac{|\vec{v}_{n_3}| - |\vec{v}_{n_1}|}{\Delta t} \quad (1.20)$$

Полагаем, что «перескок» электрона на стационарную орбиту происходит по траектории, близкой к линейной за время $\Delta t \sim 10^{-10}$ с.

Напомним, что согласно положениям классической электродинамики, заряд, движущийся с положительным или отрицательным ускорением (**торможением**), должен излучать электромагнитные волны.

Последнее обстоятельство дает основание полагать, что электромагнитное излучение, возникающее при возвращении электрона с орбиты, соответствующей возбужденному атому на стационарную орбиту, является **тормозным излучением** [62].

Согласно классической электродинамике, которая достаточно хорошо описывает основные закономерности тормозного излучения, его интенсивность пропорциональна квадрату ускорения заряженной частицы [63].

$$(I \approx a^2 \approx 1/m^2) \quad (I.21)$$

Так как ускорение обратно пропорционально массе m частицы, то в одном и том же поле тормозное излучение легчайшей заряженной частицы – электрона будет в миллионы раз мощнее излучения более массивного протона.

Поэтому чаще всего наблюдается и практически используется тормозное излучение, возникающее при торможении движения электронов в **электростатическом поле атомных ядер**.

Следует отметить, что в отличие от тормозного излучения, возникающего при «перескоке» вращающегося электрона на стационарную орбиту, тормозное излучение, испускаемое быстрыми электронами при прохождении через вещество, проявляется в виде **сплошных спектров**.

Данное обстоятельство можно объяснить достаточно протяженной траекторией поступательного движения электронов в глубь вещества и непрерывным снижением их кинетической энергии от максимального до минимального (вплоть до полной остановки) значения.

При этом энергия электронов и интенсивность тормозного излучения спадают экспоненциально при углублении в среду вещества-мишени. Толщина слоя вещества, при пролёте через которое энергия электрона уменьшается в e раз называется **радиационной длиной** [64].

В рассмотренном же выше случае тормозного излучения, возникающего при почти мгновенном «перескоке» электрона в начальное энергетическое состояние с более отдаленной на менее удаленную от ядра стационарную орбиту, перепад значений его кинетической энергии не «растянут» во времени и строго ограничен верхним и нижним ее пределами.

По-видимому, это и является причиной происхождения линейчатых атомных спектров.

Подобный характер спектров имеют атомарные газы при низком давлении, когда взаимодействием между атомами можно пренебречь. Фактически это спектры излучения отдельного атома.

Но тогда, естественно, возникает вопрос: почему при энергетическом возбуждении, энергия атома может принимать только дискретный набор значений?

Постараемся объяснить этот факт следующей последовательностью причин, вызывающих переход атомов из более низкого «стационарного» энергетического состояния в более высокое (возбужденное) состояние, и возникновение излучения при обратном переходе.

Как было отмечено выше, переход атомов из стационарного состояния (состояния с постоянной энергией) в возбужденное состояние происходит в результате внешнего энергетического воздействия различных источников, характеризующихся более высоким энергетическим потенциалом, в следствие чего нарушаются условия равновесия, действующих на электрон центробежной ($\overrightarrow{F_{цс}}$) и центробежной ($\overrightarrow{F_{цб}}$) сил в стационарном состоянии атома:

$$\overrightarrow{F_{цс}} = \overrightarrow{F_{цб}}, \text{ или } \frac{ze^2}{R_{СТ}^2} = \frac{m \cdot V_{СТ}^2}{R_{СТ}} \quad (I.22)$$

Тогда, при поглощении атомом определенной порции энергии и увеличении кинетической энергии орбитального вращения электрона в возбужденном состоянии атома ($V_{Bi} > V_{СТ}$) возникает новое соотношение центробежной и центробежной сил:

$$\frac{ze^2}{R_{Bi}^2} = \frac{m \cdot V_{Bi}^2}{R_{Bi}} \quad (I.23)$$

где: Z – количество протонов в ядре атома. Для атома водорода $Z = 1$; e – величина заряда протона (электрона); m , $V_{СТ}$, V_{Bi} , $R_{СТ}$ и R_{Bi} , соответственно: масса, орбитальные скорости и радиусы орбит электрона в стационарном и возбужденном состоянии атома.

Из соотношения (I.23) видно, что с увеличением радиуса орбиты электрона в возбужденном атоме ($R_{Bi} > R_{СТ}$), действие центробежной силы убывает более интенсивно нежели центробежной, и в зависимости от величины энергии фотона ($E = h\nu$), поглощенной атомом, должно установиться новое равновесие сил, определяющее параметры вращения электрона на более удаленной от ядра орбите: ($\overrightarrow{F_{цс1}} = \overrightarrow{F_{цб1}}$). Но как следует из уравнений (I.22) и (I.23), электрон, после поглощения атомом энергии ($E = h\nu$), и находящийся на орбите с радиусом R_{Bi} , удерживается на этой орбите действием меньшей по значению центробежной силы:

$$\frac{ze^2}{R_{Bi}^2} < \frac{ze^2}{R_{СТ}^2} \quad (I.24)$$

что при условии $R_{Bi} > R_{СТ}$, не противоречит вышеприведенному условию равновесия сил.

Рассмотрим, при каких условиях, при вращении электрона на орбите с радиусом R_{Bi} , выполняется уравнение (I.23). Положим, что разница между величинами центробежной силы, действующей на электрон, вращающийся на орбите с радиусом $R_{СТ}$ и орбите с радиусом R_{Bi} составляет:

$$\frac{Ze^2}{R_{CT}^2} - \frac{Ze^2}{R_{Bi}^2} = \Delta F_{ЦС} \quad (I.25)$$

Тогда, с учетом соотношения между орбитальной и угловой скоростью вращения электрона:

$$V_i = \omega_i \cdot R_i \quad (I.26)$$

где: R_i - произвольный радиус орбиты, после преобразования уравнений (I.22) и (I.23), получаем разницу между центробежной силой действующей на электрон, вращающийся на стационарной и «возбужденной» орбитах:

$$\Delta F_{ЦБ} = m \cdot \omega_{CT}^2 \cdot R_{CT} - m \cdot \omega_{Bi}^2 \cdot R_{Bi} \quad (I.27)$$

Следовательно, условием выполнимости уравнения (I. 23) является равенство:

$$\Delta F_{ЦС} = \Delta F_{ЦБ}, \quad (I.28)$$

а именно:

$$\frac{Ze^2}{R_{CT}^2} - \frac{Ze^2}{R_{Bi}^2} = m \cdot \omega_{CT}^2 \cdot R_{CT} - m \cdot \omega_{Bi}^2 \cdot R_{Bi} \quad (I.29)$$

Далее, произведем соответствующие вычисления величины угловой скорости вращения электрона (ω_B) применительно атому водорода в возбужденном состоянии атома.

Примем следующие исходные данные, взятые из справочной литературы [65]:

R_{CT} – «Боровский» радиус наиболее близкой к ядру, первой стационарной орбиты электрона = $0,529 \cdot 10^{-10}$ м.

R_{B3} – радиус орбиты электрона в возбужденном состоянии атома на третьей от ядра орбите $R_{B3} = R_{CT} \cdot n^2$. При $n=3$, $R_{B3} = 4,76 \cdot 10^{-10}$ м.

ω_{CT} – угловая скорость вращения электрона на стационарной (Боровской) орбите = $4,160 \cdot 10^{16}$ рад/сек.; V_{CT} – орбитальная скорость вращения электрона на Боровской стационарной орбите = $2,2 \cdot 10^{16}$ м/с.

e – заряд электрона = $1,602 \cdot 10^{-19}$ кул.; m – масса электрона = $9,109 \cdot 10^{-31}$ кг.

Z – зарядовый номер ядра, для атома водорода = 1.

В результате решения уравнения (I.29) относительно ω_{Bi} ($i=3$), при подстановке приведенных выше данных, получаем величину угловой скорости вращения электрона в возбужденном атоме водорода на третьей от ядра орбите: $\omega_{B3} = 1,387 \cdot 10^{16}$ рад/сек.

Соответственно, орбитальная скорость вращения электрона в возбужденном состоянии атома водорода на третьей от ядра орбите: $V_{B3} = \omega_{B3} \cdot R_{B3} = 6,602 \cdot 10^6$ м/сек.

Аналогично, для электрона, вращающегося на второй от ядра орбите в возбужденном атоме водорода с радиусом $R_{B2} = R_{ст} \cdot n^2$, при $n=2$, $R_{B2} = 2,116 \cdot 10^{-10}$ м. угловая скорость вращения: $\omega_{B2} = 2,080 \cdot 10^{16}$ рад/сек.; орбитальная скорость $V_{B2} = 4,401 \cdot 10^6$ м/сек.

Результаты расчетов приведены в следующей таблице I.1.

Таблица I.1.

Параметры орбитального вращения электрона в стационарном и возбужденном состоянии атома водорода.

№ орбиты n_i	Радиус орбиты $R_i \cdot 10^{-10}$ м	Угловая скорость $\omega_i \cdot 10^{16}$ рад/с.	Орбитальная скорость $V_i \cdot 10^6$ м/с.	Частота вращения $\nu \cdot 10^{15}$ Гц
n1=1	0,529	4,160	2,200	6,624
n2=2	2,116	2,080	4,401	3,312
n3=3	4,760	1,387	6,602	2,208
n4=4	8,464	1,040	8,802	1,656
n5=5	13,225	0,832	11,006	1,324

Из представленных данных видно, что при поглощении, например, атомом водорода определенного количества привносимой извне энергии, электрон, за счет увеличения кинетической энергии орбитального вращения «перескакивает» на более отдаленную от ядра орбиту. При этом орбитальная скорость вращения электрона в возбужденном состоянии атома возрастает симбатно увеличению радиуса орбиты.

Примечательно, что имеющий место рост угловой скорости и частоты вращения электрона вокруг ядра атома водорода с уменьшением радиуса его орбиты, наблюдается также на макроуровне структурной организации материи, в частности в характере орбитального движения планет Солнечной системы [66].

Трудно утверждать, является ли данный факт случайным совпадением или закономерностью для всех масштабных уровней существования материи. Во всяком случае подобное соотношение параметров орбитального движения планет и электронов в атомах подтверждает справедливость выдвинутой Эрнестом Резерфордом планетарной модели их строения и устойчивость атомарных конструкций.

Рассмотрим теперь вопрос о том, каким образом, в соответствии с постулатами Бора касательно стационарных орбит электрона, номер орбиты совпадает с целочисленными значениями т.н. квантового числа n_i , и как эти значения увязаны с длинами волн Де Бройля.

Как было упомянуто выше, за счет соответствующей величины орбитальной скорости электрона, в атоме достигается состояние равенства Кулоновской центростремительной силы силе центробежной, что является необходимым условием стабильности орбиты, и может иметь место при любом значении радиуса орбиты.

Обоснование устойчивости орбит электронов современная теория видит в том, что на длине устойчивых (стационарных) орбит укладывается обязательно целое число длин волн Де Бройля – λ_B (см. уравнение I.9). Чтобы такое условие выполнялось автоматически, Бор предположил, что момент импульса электрона L квантуется, т.е. он кратен постоянной Планка \hbar (см. уравнение I.10).

Действительно, если принять, с одной стороны, значение длины волны Де Бройля (λ_B), равным отношению постоянной Планка к импульсу электрона, вращающегося вокруг протона на первой боровской орбите с орбитальной скоростью V_0 :

$$\lambda_B = \frac{h}{m_e \cdot V_0} \quad (I.30)$$

а с другой – определить длину волны Де Бройля как отношение длины окружности орбитального вращения электрона на первой (Боровской) стационарной орбите с радиусом $r_0 = 0,529 \cdot 10^{-10}$ м к номеру орбиты (n) численно равной 1:

$$\lambda_B = \frac{2\pi r_0}{n^2} = 3,332 \cdot 10^{-10} \text{ м.} \quad (I.31)$$

то при обозначении величины радиусов более отдаленных от ядра стационарных орбит вращения электрона в «возбужденных» атомах водорода как $r_i = r_0 \cdot n^2$ при значении $n_i = 2,3,4\dots$ имеем целочисленные значения отношения длины окружности упомянутых стационарных орбит $l_{ст} = 2\pi r_i$ к длине волны Де Бройля:

$$\frac{l_{ст}}{\lambda_B} = 2,3,4,\dots \quad (I.32)$$

Графическая иллюстрация этого отношения приведена на рис I.11.

Видно, что длина синусоидальной волны Де Бройля, соответствующая периодическому орбитальному вращению электрона по окружности с радиусом r_i пропорциональна длине этой окружности.

Амплитуда же волны Де Бройля пропорциональна кинетической энергии орбитального вращения электрона (см. уравнения I.13 и I.14).

Таким образом получается, что длина волны Де Бройля (λ_B) и Боровский радиус первой стационарной орбиты (r_0) связаны отношением:

$$\frac{\lambda_B}{r_0} = 2\pi \quad (I.33)$$

Следовательно, какая бы произвольная величина Боровского радиуса не была взята за основу приведенных расчетов, во всех случаях длина волны Де Бройля является целочисленной составляющей длины стационарных орбит электрона в энергетически возбужденных атомах водорода. Т.е. решение уравнений (I.30- I.33) замыкается само на себя.



Рис. I.11. Графическая иллюстрация синусоидальной волны Де Бройля при орбитальном вращении электрона вокруг ядра атома водорода по окружности радиуса r_i .

К приведенному обоснованию устойчивости стационарных орбит вращения электронов в атомах следует добавить, то обстоятельство, что сохранение их устойчивости происходит до тех пор, пока в неизолированной системе атомов сохраняется термодинамическое равновесие.

Иными словами, как только за счет воздействия внешних источников энергии, термодинамическое равновесие системы нарушается в сторону возрастания ее энергетического потенциала, в «возбужденных» атомах реализуется новое расположение стационарных орбит вращения электронов большего радиуса.

Устойчивость этих орбит сохраняется до тех пор, пока система атомов находится под воздействием внешнего источника энергии, нарушившего предшествующее состояние теплового равновесия этой системы.

Как только внешний источник энергии устраняется, атомы возвращаются в состояние термодинамического равновесия, предшествовавшее воздействию внешнего источника энергии.

При этом и происходит высвобождение энергии через излучение в количестве, эквивалентном разности энергетических потенциалов системы атомов до и после внешнего энергетического воздействия.

А теперь вернемся к рассмотрению ранее обозначенного вопроса касательно зависимости частоты спектральных линий в линейчатом спектре испускания электромагнитного излучения атомами водорода от частоты орбитального движения электрона.

На рисунке I.12 нами приведена корреляционная зависимость частотных характеристик спектральных серий атома водорода от разницы частот орбитального вращения электрона на стационарной орбите и орбитах атома водорода в возбужденном состоянии (см. табл. I.1).

Видно, что частоты спектральных серий атома водорода пропорциональны разности частот орбитального вращения электрона, находящегося на «возбужденной» и стационарной орбитах ($\nu_{i+1} - \nu_i$).

Причем, с увеличением этой величины наблюдается переход от низкочастотных спектральных серий Пфунда, Брекета и Пашена (ИК – частотная область) в видимую высокочастотную область спектра – серию Бальмера (см. приведенные ранее рис. I.5-6).

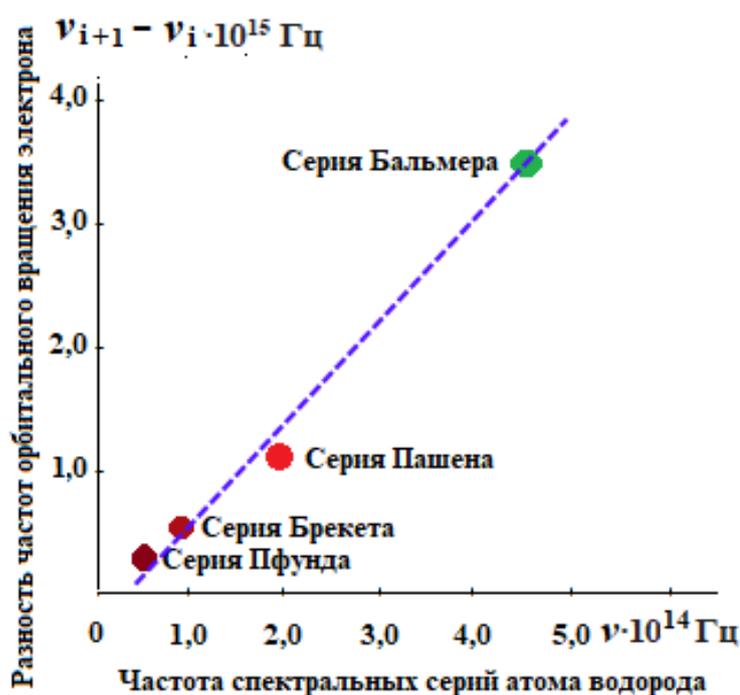


Рис. I.12. Корреляционная зависимость частотных характеристик спектра излучения атома водорода от разницы частот вращения электрона на «возбужденных» и стационарной (Боровской) орбитах.

Таким образом, приведенные результаты еще раз свидетельствуют о причине образования линейчатых спектров электромагнитного излучения, испускаемого атомами водорода при переходе из возбужденного в стационарное состояние, что связано со «ступенчатым, скачкообразным перескоком» электронов с более отдаленных от ядра орбит на менее отдаленные.

Этот скачкообразный перескок отражается, как было упомянуто выше, в скачкообразном изменении частот орбитального вращения электрона, находящегося на «возбужденной» и стационарной орбитах.

Энергетический баланс перескока электрона, сопровождаемый излучением фотона соответствующей частоты, может быть отображен следующим соотношением:

$$En_{i+1} - En_i = \frac{mV_{n_{i+1}}^2}{2} - \frac{mV_{n_i}^2}{2} = hv_i \quad (I.34)$$

Здесь: En_{i+1} и En_i – кинетические энергии орбитального вращения электрона m – масса электрона; $V_{n_{i+1}} > V_{n_i}$ – скорости орбитального вращения электрона на более и менее отдаленных от ядра орбитах; h – постоянная Планка; v_i – частота излучаемого фотона, пропорциональная разности частот орбитального вращения электрона на отдаленной и приближенной к ядру орбите.

Как уже было показано выше, если атомы водорода в течение какого-то времени находятся под воздействием избыточной, по отношению к предшествующему стационарному состоянию, энергии, то устанавливается новое, устойчивое состояние атомов, т.н. новое тепловое равновесие с окружающей материальной средой.

Это устойчивое состояние определяется возникшим новым, уравновешивающим друг друга, соотношением центробежной и центростремительной силы (см уравнение I.23). После устранения энергетического воздействия, приведшего к возбужденному состоянию атома, последний возвращается в исходное стационарное состояние, и при этом теряет на излучение энергию, эквивалентную приобретенной (см. рис. I.9).

При рассмотрении вопроса о возникновении излучения при переходе атома из возбужденного в стационарное состояние, сопровождаемом «перескоком» электрона на менее удаленную от ядра орбиту, следует уточнить какая именно энергия электрона – **потенциальная** или **кинетическая** расходуется на излучение, если известно, что суммарная энергия электрона на отдаленной орбите выше, чем на менее отдаленной.

Как следует из соотношений (I.22 и I.23), при перескоке электрона на близлежащую к ядру стационарную орбиту, его потенциальная энергия, определяемая левой частью соотношений, **возрастает** по отношению к таковой при нахождении электрона на возбужденной орбите (по причине $R_B > R_{CT}$), и не может расходоваться на излучение.

Тогда, как кинетическая энергия электрона ($E_{n_i} = \frac{mv_{ni}^2}{2}$) при «перескоке» на близлежащую к ядру орбиту с меньшим значением орбитальной скорости (таблица I.1) снижается, и должна убывать на величину, эквивалентную энергии излучаемого фотона ($E_i = h\nu_i$).

Таким образом, именно снижение величины кинетической энергии вращения электрона при перескоке с отдаленной на близлежащую к ядру орбиту должно сопровождаться излучением (см. рис. I. 9 и выражение I.34).

Касательно дискретного характера энергии атомов в стационарном и возбужденном состоянии, позволим себе высказать следующую точку зрения.

Известно, что любое материальное тело, независимо от его агрегатного состояния, находясь при температуре, превышающей так называемый абсолютный ноль ($-273,15 \text{ } ^\circ\text{C}$) является источником электромагнитного (теплового) излучения.

Однако, даже при абсолютном нуле температуры не исчезает орбитальное движение электронов вокруг атомных ядер, а также низкоэнергетические вращательные движения собственно атомов, характеризующиеся низкой спектральной интенсивностью.

Экспериментально установлено, что тепловое излучение имеет сплошной, непрерывный спектр. Это означает, что излучение, распространяемое нагретыми телами **континуально**, и проявляется в широком диапазоне частот или длин волн.

Распределение энергии излучения тела по спектру зависит от температуры тела. При этом, для всех тел, независимо от их природы, с увеличением температуры максимум энергии излучения смещается в коротковолновый участок спектра, а суммарная интенсивность излучения возрастает (рис. I.13) [67].

В случае, если излучение находится в термодинамическом равновесии с веществом, то такое излучение называется **равновесным**. Спектр такого излучения эквивалентен спектру абсолютно черного тела и описывается законом Планка. Однако в общем случае тепловое излучение не находится в термодинамическом равновесии с веществом, таким образом более горячее тело остывает,

а более холодное наоборот нагревается. Спектр такого излучения определяется законом Кирхгофа.

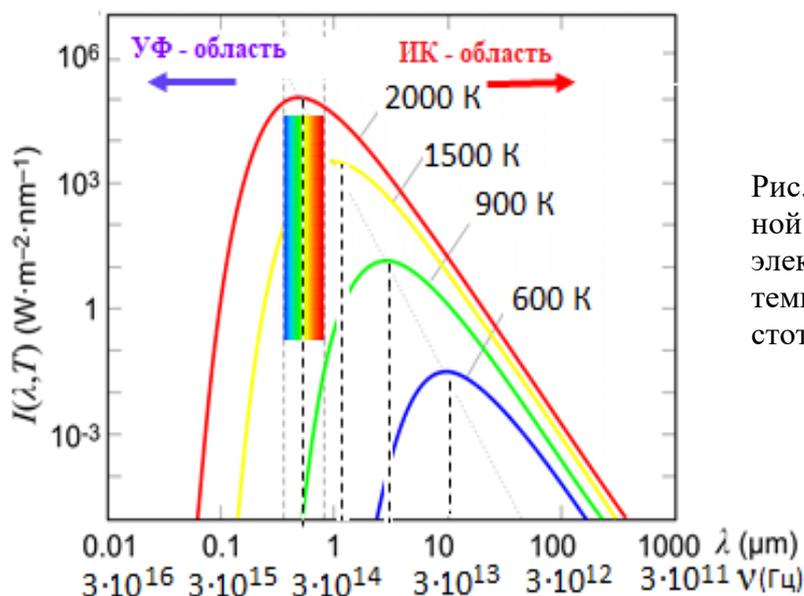


Рис. I.13. Зависимость спектральной плотности (интенсивности) электромагнитного излучения от температуры и длины волны (частоты)

Заметим, что с повышением температуры в систему, состоящую из атомарных газов, даже одного и того же сорта, примешивается их межатомное (тепловое) взаимодействие, и чтобы получить линейчатые спектры испускания, необходимо создавать высокое разряжение системы.

Таким образом, в результате воздействия, имеющего сплошной спектр теплового (неионизирующего) излучения на поглощающие излучение отдельные атомы всегда будут иметься в наличие частоты, совпадающие с частотами вращения электронов на соответствующих орбитах.

Последнее может привести к возникновению **резонансных явлений**, распространяющихся на вращательные движения и проявляющихся в виде частотно-избирательного отклика вращающихся электронов, приводящего к увеличению радиуса орбит при совпадении частоты внешнего воздействия и частоты вращения электрона в стационарном состоянии (рис. I.14). При этом увеличение радиусов орбит электронов в энергетически возбужденных атомах происходит в строгом соответствии с установившимся новым соотношением уравновешивающих друг друга центростремительной и центробежной сил. (см. вышеприведенное соотношение I.23).

Напомним, что атомы каждого химического элемента, в следствие характеристических периодических (колебательно-вращательных) процессов, имеют строго определённые **резонансные частоты**, в результате чего именно на этих частотах они излучают или поглощают электромагнитное излучение [68].

Линии, соответствующие этим резонансным частотам, имеют определенное положение в атомных спектрах, что дает возможность идентифицировать тот или иной качественно-количественный элементарный состав вещества на основании его спектральных характеристик.

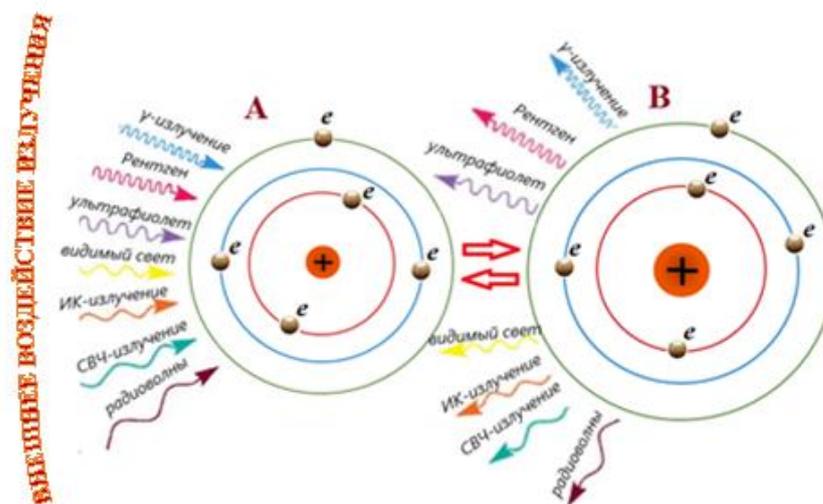


Рис. 1.14. Иллюстрация процесса поглощения электромагнитного излучения атомом от внешнего источника (А) и испускание излучения возбужденным атомом, при прекращении энергетического воздействия внешнего источника (В).

Темные линии в атомных спектрах появляются, тогда, когда электроны, находящиеся на нижних энергетических уровнях атома, под воздействием излучения от внешнего источника одновременно перемещаются на более высокий уровень, поглощая при этом электромагнитные волны определённой частоты, и сразу, после устранения источника, возвращаются на прежний уровень, излучая волны этой же длины (частоты).

Но так как это излучение рассеивается равномерно во всех направлениях, в отличие от направленного излучения от начального источника, на спектрограмме видны тёмные линии в месте (местах), соответствующих данной длине (длинам) волн.

Эти длины волн различаются для каждого вещества и определяются разницей в энергии между электронными энергетическими уровнями в атомах этого вещества.

Тогда, согласно закону обратимости спектральных линий Кирхгофа, атомы менее нагретого вещества поглощают из сплошного спектра теплового, или какого-либо другого источника излучения, именно в той

спектральной области частот, в которой они, теряя приобретенную энергию в последствии излучают.

Т.е. спектральные линии поглощения соответствуют спектральным линиям испускания. Иными словами: каждое тело в нагретом состоянии излучает те длины волн, которые оно поглощает в холодном состоянии [69].

Из приведенного определения вытекает, что энергетические параметры и расположение электронных орбит атомов, перешедших из стационарного состояния в возбужденное, также зависит от **спектральной характеристики воздействующего внешнего источника излучения.**

Так, при энергетическом воздействии на атом в стационарном состоянии электромагнитного излучения, смещенного в инфракрасную частотную область спектра, за счет резонанса (совпадения собственной частоты вращения электрона и частоты внешнего воздействия), избирательно будет поглощаться энергия на данной резонансной частоте, и, соответственно, возрастет радиус орбит электронов, находящихся на внешних оболочках.

При смещении же частоты внешнего излучения в ультрафиолетовую область, его энергию избирательно будут поглощать электроны, находящиеся на внутренних, близких к ядру орбитах.

В соответствии с обозначенным избирательным характером поглощения атомом энергии внешних источников воздействия, будет формироваться новое взаимное расположение электронных орбит в возбужденном состоянии атома.

Принимая во внимание выполнение закона сохранения энергии, поглощенная возбужденным атомом энергия внешнего электромагнитного излучения с фиксируемыми значениями интенсивности и характеристикой электронных спектров, будет возвратно излучаться при переходе атома в стационарное состояние с равнозначными энергетическими и спектральными характеристиками.

Полагаем, что кинетическая энергия электронов на электронных орбитах в возбужденном состоянии атома, и частота их вращения вокруг ядра атома могут быть определены из соотношений:

$$E_{\text{воз}} = \frac{mV_{\text{воз}}^2}{2} = E_{\text{ст}} + E_{\text{вн}} = \frac{mV_{\text{ст}}^2}{2} + h\nu_{\text{вн}} \quad (\text{I.35})$$

где: $V_{\text{ст}}$ – скорость вращения электрона на стационарной орбите; $V_{\text{воз}}$ – скорость орбитального вращения электрона в возбужденном атоме; m – масса электрона; h – постоянная Планка; $\nu_{\text{вн}}$ – частота внешнего излучения (находится из спектральных характеристик воздействующего на атомы в стационарном состоянии внешнего источника излучения).

Еще раз отметим, что радиусы орбит электронов в стационарном и возбужденном состоянии атома, а также значения скорости их орбитального вращения могут быть определены из соотношений (I.22) и (I.23).

Если энергия действующего на атомы внешнего источника превышает т.н. потенциал ионизации – наименьшую энергию, необходимую для удаления электрона от свободного атома в его низшем (основном) состоянии на «бесконечность», то происходит ионизация атома (образование положительно заряженного иона) [70].

Отметим, что в свободном виде, при атмосферном давлении электрон существует не более, чем $10^{-7} - 10^{-8}$ секунды.

Резюмируя приведенные в настоящей главе аспекты, касающиеся развития представлений о структурных моделях атома, следует отметить, что наиболее адекватная планетарная модель, предложенная Резерфордом, явилась крупным шагом в развитии знаний о строении атомарных систем.

Эта модель основывалась на концепции, что система неподвижных зарядов в атоме не способна находиться в устойчивом равновесии, которое может быть достигнуто только в том случае, когда отрицательные электроны совершают вращательное движение вокруг положительного ядра, описывая соответствующие траектории.

Аналогичные условия устойчивого существования планетных систем обеспечиваются вращательным движением планет вокруг центральной гравитирующей звезды.

Об этой аналогии устойчивого существования космических объектов и атомарных систем микромира свидетельствует распространяющийся на микро- и макромиры **закон обратных квадратов** утверждающий, что значение некоторой физической величины в данной точке пространства обратно пропорционально квадрату расстояния от источника поля, которое характеризует эта физическая величина. Этому закону подчиняются как кулоновское, так и гравитационное взаимодействие, независимо от масштабной иерархии взаимодействующих тел. Тем не менее, касательно атомной модели Резерфорда, проблемным оставался вопрос о излучении электромагнитной энергии «ускоренно» движущимися вокруг атомного ядра электронами, что вытекало из уравнений Максвелла для классической электродинамики движущихся с ускорением зарядов [71]. Спорным также остается вопрос – является ли система орбитального движения электронов в кулоновском поле положительно заряженного ядра инерциальной или неинерциальной?

Следует отметить, что уравнения Максвелла, действуют только в **инерциальной** системе отсчета, то есть в системе, в которой все силы действуют на тела локально. Существование систем, обладающих указанным свойством, постулируется первым законом Ньютона [72].

Напомним, что в инерциальных системах любое тело находится в состоянии покоя или движется равномерно и прямолинейно, пока на него не действуют другие тела или силовое воздействие этих тел скомпенсировано.

Тогда, если в некоторой инерциальной системе отсчета электрически заряженный предмет, находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, то никаких электромагнитных волн заряженный предмет **не излучает**. Но, когда на такой предмет подействует внешняя сила и заставит его двигаться с ускорением, то электрическое поле в пространстве вокруг этого предмета будет изменяться, что приведет к появлению магнитного поля, которое, в свою очередь, тоже будет изменяться, порождая изменяющееся электрическое поле, т.е. возникнет **электромагнитное излучение** [73].

Совсем иное должно происходить в неинерциальных системах, к которым, в частности, относится наша планета Земля.

В этом случае имеет место своеобразный парадокс. Так, если наблюдатель находится на поверхности земли, и на этой же поверхности находится заряженное тело, то с точки зрения наблюдателя, не смотря на вращательное движение Земли, признанное ускоренным, это тело находится в состоянии покоя, а поэтому, по определению классической физики, **не излучает**. Если же наблюдатель находится вне «земной» системы отсчета, то из-за вращения земли (например, вокруг своей оси) заряженное тело по отношению к наблюдателю будет совершать движение с ускорением, то приближаясь, то удаляясь от него, а, следовательно, должно **излучать** электромагнитную энергию.

Этот физический парадокс в контексте общей теории относительности, означает то, что заряженная частица, находящаяся в состоянии покоя в гравитационном поле, например, на поверхности Земли, должна быть поддержана силой, препятствующей её падению, т.е. силой упругости земной поверхности, компенсирующей силу гравитационного притяжения.

Согласно принципу эквивалентности, все физические явления в малой окрестности такой частицы должны быть неотличимы от физических явлений в малой окрестности возле частицы в плоском пространстве-времени, ускоряемой силой.

Из уравнений Максвелла следует, что ускоренный заряд должен излучать электромагнитные волны, но такое излучение не наблюдается для неподвижных частиц в гравитационных полях.

Не напоминает ли этот факт своеобразный парадокс, воспетый в популярной советской песни, сочиненной композитором Василием Соловьёвым-Седым на слова Михаила Матусовского, Подмосковные вечера: «– Речка движется и не движется...?».

Согласно высказанной нами точки зрения (см. стр.31,32), наиболее вероятной причиной отсутствия излучения электронами, находящимися на стационарных орбитах, является равенство нулю **модуля** центростремительного ускорения, при условии взаимно компенсирующего друг друга взаимодействия центростремительной и центробежной сил, приложенных к электронам.

А собственно электромагнитное излучение возникает при «перескоке» электронов с более отдаленных от ядра орбит на менее отдаленные, при котором модуль центростремительного ускорения становится не равным нулю.

В завершение обсуждаемого круга вопросов, касающихся механизма поглощения атомами энергии и возникновения излучения электромагнитных волн, при переходе их из возбужденного в стационарное состояние, представляется целесообразным рассмотреть **предлагаемую нами альтернативную точку зрения на механизм этого явления.**

Прежде всего необходимо ответить на следующие вопросы:

1. Является ли центростремительная сила, притягивающая электроны к ядру атомов безальтернативным результатом Кулоновского взаимодействия, или ее природа имеет иное, например, гравитационное происхождение?
2. Являются ли собственно электроны источником электромагнитного излучения, при возвращении атомов из возбужденного в стационарное состояние, или же их орбитальный переход есть **следствие**, а не **причина** изменения энергетического потенциала атома в результате поглощения-испускания излучения?

Отметим, что существующее представление об обратимом переходе атома из стационарного состояния в возбужденное, **безальтернативно рассматривается в рамках концепции Кулоновского взаимодействия зарядов электрона и ядра**, откуда следует **снижение** силы взаимодействия зарядов, пропорциональное квадрату увеличения расстояния между ними, т.е. радиуса орбитального вращения электронов. При этом считается, что в результате внешнего

энергетического воздействия на атом, перешедший в возбужденное состояние, соотношение заряда ядра и его электронного окружения остается неизменным. Иными словами, внешнее энергетическое воздействие «возбуждающее» атом **не изменяет зарядовое число** как его ядра, так и электронного окружения.

Тогда, в соответствии с вышеприведенным уравнением (I.23), для реализации новых условий равновесия действующих на электрон центроостремительной и центробежной сил ($\vec{F}_{цс} = \vec{F}_{цб}$) в возбужденном атоме, необходимо либо соответствующее увеличение заряда ядра (Ze^2), что **противоречит** самой концепции энергетического обмена, основанного на Кулоновском взаимодействии зарядов, либо существует другой, альтернативный механизм реализации нового устойчивого состояния орбитального вращения электронов в возбужденных атомах.

Этот предполагаемый механизм, исходя из **структурной аналогии** атомов и планетарных систем в космическом пространстве, может быть основан на **гравитационном взаимодействии** ядер атомов и их электронного окружения.

Гравитация (от лат. Gravitas – тяжесть) управляет наиболее глобальными процессами во Вселенной, в частности, обеспечивает строение и стабильность нашей Солнечной системы. Согласно закону всемирного тяготения И. Ньютона сила гравитационного взаимодействия F_g двух точечных масс m_1 и m_2 равна:

$$F_g = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad (I.36)$$

где: $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$ – гравитационная постоянная, r – расстояние между взаимодействующими массами m_1 и m_2 .

Гравитационная постоянная фигурирующая в современной записи Закона всемирного тяготения, отсутствовала в явном виде у И. Ньютона и точное ее значение впервые было экспериментально определено в 1798 г. британским физиком и химиком Генри Кавендишем [74]. Отметим, что не смотря на основную цель, экспериментов Кавендиша, заключающуюся в определении средней плотности Земли, их результаты впоследствии позволили вычислить также её массу и определить массы Луны, Солнца и остальных планет Солнечной системы.

Физический смысл гравитационной постоянной заключается в том, что она численно равна силе, с которой притягиваются две частицы с массой по 1 кг каждая, находящиеся на расстоянии 1 м друг от друга. Эта сила, таким образом, оказывается чрезвычайно малой. Малое значение G приводит к тому, что гравитационное взаимодействие между обычными телами, не говоря уже об атомах и молекулах, является очень слабым.

I.3. Гравитационное взаимодействие в макро и микромире.

Согласно приведенному выше определению, гравитационное взаимодействие является самым слабым в сравнении с другими видами фундаментальных взаимодействий, о чем свидетельствует чрезвычайно малое значение гравитационной постоянной (G) в уравнении I.36, описывающем закон всемирного тяготения.

Очевидно, что в космическом масштабе макромира достаточно большая сила притяжения объектов, несмотря на малое значение гравитационной постоянной, обусловлена чрезвычайно большой величиной их массы.

В то время, как несравненно малые значения величин массы объектов микромира (принимая во внимание величину гравитационной постоянной вычисленную в экспериментах, проведенных в макромире), очевидно сводят гравитационные взаимодействия в масштабе микромира к исчезающе малой величине, не способной играть роль структурообразующей силы.

В этой связи принято, что взаимодействие вещества на атомно-молекулярном размерном уровне происходит за счет **сил электромагнитной природы**.

Например, отношение силы **гравитационного взаимодействия** между двумя протонами к силе **кулоновского** электростатического взаимодействия между ними равно 10^{-36} .

Из сопоставления законов Кулона и Всемирного тяготения вытекает, что соотношение сил кулоновского и сил гравитационного взаимодействия определяется значением взаимодействующих масс (m_i).

Так, при значении $m_i < \frac{e}{\sqrt{G}}$, имеет место **кулоновское взаимодействие**, если же $m_i > \frac{e}{\sqrt{G}}$, то доминирует **гравитационное** взаимодействие.

Подобное влияние соотношения сил электростатического и гравитационного воздействия на высокодисперсное масляное «облако» в обкладках конденсатора наблюдал, при измерении элементарного электрического заряда, американский физик Роберт Милликен [75].

Причем, Милликен наблюдал эти капли масла в облаке, в виде отчетливых ярких точек. "История этих капель протекает обыкновенно так, - пишет он. - В случае небольшого преобладания силы тяжести над силой поля они начинают медленно падать, но так как они постепенно испаряются, то их нисходящее движение вскоре прекращается, и они на довольно долгое время становятся неподвижными. Затем электростатическое поле начинает преобладать над гравитацией, и капли начинают медленно подниматься вверх.

Под конец их жизни в пространстве между пластинами это восходящее движение становится весьма сильно ускоренным, и они притягиваются с большой скоростью к верхней пластине".

Вполне вероятно, что в соответствии с изменением физических параметров вещества на разных масштабных уровнях Мироздания происходит также изменение соотношения действующих на вещество гравитационных и электростатических сил.

Если на уровне планет и звёзд основной силой является привычное для земного наблюдателя гравитационное взаимодействие, формирующее шаровидную форму тел и управляющее их движением вокруг гравитирующих объектов, то на атомном уровне такую же роль может играть гравитация, но при условии, что гравитационная постоянная измеренная в масштабе микромира должна превышать на несколько порядков величину гравитационной постоянной, измеренной для объектов макромира.

Однако, если следовать данной логике, то характеристика структурных элементов материальных образований, таких, например, как плотность, деформационная устойчивость и т.п., также должна зависеть от принадлежности объектов к той или иной ступени масштабной иерархии.

Тем не менее, исходя из единого принципа мироздания, независимо от масштабности миров, для формирования представления о их качественном единобразии следует еще раз прибегнуть к интуитивно хорошо воспринимаемой структурной аналогии макро и микро миров разной масштабности.

Несмотря на то, что в официальной науке признается, что значение фундаментальной гравитационной постоянной G не зависит от пространства и времени ее измерения, в частности при переходе от масштаба макромира к масштабу микромира, тем не менее имеются сведения о значительном увеличении гравитационной постоянной G в масштабной иерархии микромира [76].

Остановимся на этом вопросе подробнее.

Как было отмечено ранее, устойчивое в бесконечном промежутке времени состояние атомарных структур, согласно принципам их планетарной модели, как собственно и оригинальных планетарных систем в космическом масштабе, обусловлено динамическим равновесием приложенных к вращающимся телам центостремительной и центробежной сил.

Из закона всемирного тяготения вытекает величина ($G^{1/2} \cdot m$), которая называется **гравитационным зарядом**. Гравитационный заряд пропорционален массе тела. Поэтому для нерелятивистского случая, согласно закону Ньютона,

ускорение, вызываемое силой гравитационного взаимодействия F_g , не зависит от массы ускоряемого тела.

Это утверждение составляет **принцип эквивалентности гравитационной и инерционной масс**.

Принцип эквивалентности, согласно которому поле тяготения в небольшой области пространства и времени по своему проявлению тождественно ускоренной системе отсчёта, лежит в основе **общей теории относительности** и имеет следствием **равенство инертной и гравитационной масс** [77].

Впервые принцип эквивалентности масс был выдвинут Ньютоном и проверен им экспериментально.

Этот принцип позволял объяснить парадокс, почему все тела падают на землю с одним и тем же ускорением. Данное парадоксальное открытие сделал еще Галлией, сбрасывая тела разного веса с Пизанской башни. Чтобы объяснить это явление, Ньютон ввел понятие массы – новой внутренней сущности материи.

В законах Ньютона масса выступает то, как мера инерции, то, как мера гравитационных свойств материи. Ньютон впервые обратил внимание на равенство инертной и гравитационной масс и доказал, что они отличаются не более чем на 0,1 % (иначе говоря, равны с точностью до 10^{-3}).

В более позднее время Лоранд Этвёш в серии весьма точных опытов, проведенных с 1890 по 1910 г. и продолженных в 1922 г., показал, что принцип эквивалентности гравитационной и инертной масс соблюдается с точностью выше одной двадцатимиллионной доли этой величины. [78].

В теории гравитации Ньютона скорость ее распространения не входит ни в одно математическое выражение, считаясь бесконечно большой. Однако в своих трудах по небесной механике Лаплас показал, что если гравитационное взаимодействие между двумя телами не действует мгновенно (что эквивалентно введению потенциала, зависящего от скоростей), то в системе движущихся планет не будет сохраняться импульс движения, и часть импульса будет передаваться гравитационному полю, аналогично тому, как это происходит при электромагнитном взаимодействии зарядов в электродинамике [79].

Согласно основополагающему принципу эквивалентности гравитационной и инерционной масс, проявляющемуся в подавляющем большинстве структурных элементов Вселенной, в частности, планетарных системах, имеем:

$$G \cdot \frac{M_g \cdot m_i}{R_i^2} = \frac{m_i \cdot V_i^2}{R_i} \quad (I.37)$$

Левая часть уравнения (I.37) отражает **гравитационную сущность** массы тела (m_i), вращающегося вокруг гравитирующего тела массы (M_g). Правая часть данного уравнения демонстрирует инерциальное движение тела (m_i) вокруг центрального гравитирующего тела (M_g) на расстоянии R_i . V_i – скорость орбитального вращения тела m_i .

Далее, вычисляем постоянную G для Солнечной системы из соотношения:

$$G = \frac{m_i \cdot V_i^2 \cdot R_i^2}{R_i \cdot m_i \cdot M_g} = \frac{V_i^2 \cdot R_i}{M_g} \quad (I.38)$$

где M_g – **масса** Солнца. Для любой из планет Солнечной системы, с массой m_i , вращающейся вокруг Солнца на расстоянии R_i с орбитальной скоростью V_i , используя параметры движения планет представленных на рис. (I.15) имеем:

$$G = \frac{13,25 \cdot 10^{19}}{1,989 \cdot 10^{30}} = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2} \quad (I.39)$$

Здесь величина $13,25 \cdot 10^{19}$ является произведением квадрата скорости орбитального вращения i -той планеты на радиус орбиты R_i .

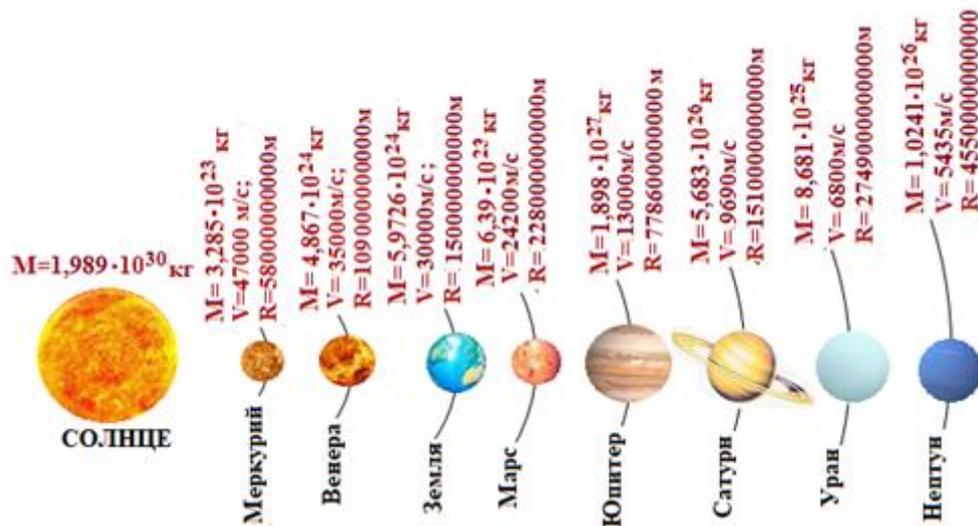


Рис. I.15. Некоторые параметры Солнечной системы

Если же в уравнение (I.37) подставить значение средней орбитальной скорости электрона на стационарной орбите атома водорода (V_i), величину борковского радиуса (R_i), взятых из таблицы I.1 и массы покоя протона (M_p), то:

$$\Gamma = \frac{V_i^2 \cdot R_i}{M_p} = \frac{4,84 \cdot 10^{12} \cdot 5,29 \cdot 10^{-11}}{1,672622 \cdot 10^{-27}} = 1,53 \cdot 10^{29} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2} \quad (I.40)$$

Таким образом, применение принципа эквивалентности масс к атомарным системам масштабной иерархии микромира, позволяет нам вычислить величину гравитационной постоянной, для этого масштабного уровня материи, которое в 10^{40} раз превышает общепринятое значение таковой, рассчитанное в случае **гравитационного взаимодействия в макромире** (уравнение 1.39).

В 1937 г. британский физик-теоретик, Поль Дирак предложил гипотезу больших чисел, согласно которой параметры Метагалактики (называемой тогда Вселенной, хотя сейчас установлено, что Метагалактика лишь часть Вселенной), могут быть найдены через параметры элементарных частиц – микрообъектов субъядерного масштаба материи, путём умножения их на некоторые **большие числа**. [80]. По его предположению, выполняются соотношения:

$$\frac{T}{t} = \frac{R}{r} = \left(\frac{M}{m}\right)^{1/2} = 10^{38} - 10^{41} \quad (I.41)$$

где T , R и M обозначают характерное время процесса, размер и массу Метагалактики, а t , r и m соответствуют тем же параметрам для элементарных частиц.

Гипотезу больших чисел рассматривали также немецкий математик и физик-теоретик Герман Вейль в 1919 г. [81], английский астрофизик Артур Эддингтон в 1931 г. [82,83], немецкий физик и математик Паскуаль Йордан в 1947 г. [84], шведский физик *Оскар Клейн* [85], и другие.

Согласно их общему мнению, если взять две подобные системы, одну в микромире, а другую в макромире, то скорость течения времени, понимаемая как число однотипных событий в единицу времени, будет гораздо выше в микромире, чем в макромире. Это является следствием того, что длительность события в микромире мала по сравнению с длительностью однотипного события в макромире из-за разницы в размерах объектов в двух сопоставляемых мирах.

Под коэффициентом «макро- и микро-подобия» понимают безразмерную величину, равную отношению двух одинаковых физических величин, но относящихся к сравниваемым и подобным в чём-то друг другу объектам на разных масштабных уровнях материи. Как следует из теории размерностей, достаточно знать лишь три коэффициента подобия, например, по массе, размерам и времени, чтобы с их помощью найти любые другие коэффициенты подобия для механических величин.

Большие числа Дирака-Эддингтона по сути дела представляют собой коэффициенты подобия между Метагалактикой и элементарными частицами.

Следуя обсуждаемому выше принципу структурного подобия микро- и макромиров, позволим себе провести анализ выполнимости закона гравитационно-инерционной эквивалентности масс для объектов атомарного и планетарного уровня масштабной иерархии материи.

В соответствии с поставленной задачей, в качестве объекта макромира выберем Солнечную систему, основные параметры которой достаточно хорошо известны и представлены на рис. I.15.

Отметим, что с точки зрения современной астрологии планета Плутон с 2006 года не считается планетой и является чем-то вроде спутника или астероида.

В качестве сопоставляемого объекта микромира представляется целесообразным выбрать **атом кислорода** из принципа входящих в его состав восьми электронов.

Сначала воспользуемся приведенной выше формулой (I.37), отражающей принцип эквивалентности гравитационной и инерционной масс, применительно параметрам Солнечной системы, несколько преобразуя ее, вводя значения суммарной массы планетарного окружения, усредненных значений скорости и радиуса орбитального движения планет:

$$\mathbf{G} \cdot \frac{M_C \cdot \Sigma m_i}{\bar{R}_i^2} = \frac{\Sigma m_i \cdot \bar{V}_i^2}{\bar{R}_i} \quad (\text{I.42})$$

Здесь: M_C – масса Солнца = $1,989 \times 10^{30}$ кг; Σm_i – суммарная масса планет = $2,67 \times 10^{27}$ кг; $\Sigma m_i \cdot \bar{V}_i^2$ – сумма произведений массы 1 – 8 планет на возведенное в квадрат соответствующее значение орбитальной скорости каждой из восьми планет = $3,94 \times 10^{35}$ кг·м²/с²; \bar{R}_i – среднеарифметическое значение радиуса Солнечной системы = $1,3 \times 10^{12}$ м; \mathbf{G} – Гравитационная постоянная, рассчитанная по формуле (I.39) = $6,67 \cdot 10^{-11}$ м³ · кг⁻¹ · с⁻².

Соотношение (I.42) есть не что иное, как иллюстрация взаимовлияния центростремительной силы $F_{ЦС}$, обусловленной гравитирующим воздействием массы Солнца на планетарное окружение (левая часть уравнения) и уравновешивающей ее центробежной силы ($F_{ЦБ}$), определяемой инерционным вращательным движением планет.

$$\text{Итак, имеем: } F_{ЦС} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1,989 \cdot 10^{30} \cdot 2,67 \cdot 10^{27}}{1,6 \cdot 10^{24}} = 2,214 \times 10^{23} \text{ (кг} \cdot \text{м/с}^2\text{)}$$

$$F_{ЦБ} = \frac{3,94 \cdot 10^{35}}{1,3 \cdot 10^{12}} = 3,03 \times 10^{23} \text{ (кг} \cdot \text{м/с}^2\text{)}$$

Как видно, значения левой и правой части уравнения I.42 практически совпадают, что доказывает справедливость эвристического принципа эквивалентности сил гравитации и инерции. Еще большее совпадение величин $F_{ЦС}$ и $F_{ЦБ}$ наблюдается в случае их расчета применительно одной планеты. Например, для Меркурия $F_{ЦС} = 1,295 \times 10^{22}$, $F_{ЦБ} = 1,251 \times 10^{22}$ м³·кг/с².

Наблюдаемые незначительные отклонения величин, по-видимому, связаны с погрешностью вычислений из-за условного принятия траекторий движения планет круговыми.

В соответствии с обсуждаемой выше концепцией структурного подобия объектов макро- и микромира, в начале перейдем к расчету центростремительной силы притяжения электронов к ядрам атомов, основанной на кулоновском принципе электростатического взаимодействия и центробежной силы, обусловленной, как и в предыдущем примере, инерционным вращательным движением электронов. Затем, с использованием характерной для микромира величины гравитационной постоянной (см. уравнение I.40) попытаемся произвести расчет центростремительной силы притяжения электронов к ядрам атомов, основанной на гравитационном взаимодействии.

Так, согласно уравнению (I.22), для атома водорода, левая часть выражения (I.43) соответствует центростремительной силе, воздействующей на отрицательный электрон, в случае кулоновского взаимодействия с положительным протоном:

$$K \cdot \frac{Z \cdot e^2}{R_H^2} = \frac{m \cdot V_{\text{СТ}}^2}{R_H} \quad (\text{I.43})$$

Здесь: K – постоянная Кулона $\approx 8,987 \cdot 10^9$ кг·м³/кл²·с²; e – заряд электрона (протона) $\approx 1,6022 \cdot 10^{-19}$ Кл; Z – количество протонов в ядре атома; R_H – борковский радиус стационарной орбиты электрона в атоме водорода = $0,529 \cdot 10^{10}$ м; m – масса электрона = $9,11 \cdot 10^{-31}$ кг; V – скорость орбитального вращения электрона на первой (стационарной) орбите = $2,2 \cdot 10^6$ м/с (из таблицы I.1).

Итак, для атома водорода ($Z=1$):

$$F_{\text{ЦС}} = \frac{8,987 \cdot 10^9 \cdot 2,57 \cdot 10^{-38}}{2,8^{-21}} = 8,25 \times 10^{-8} \text{ (кг} \cdot \text{м/с}^2\text{)}$$

$$F_{\text{ЦБ}} = \frac{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 4,84 \cdot 10^{12}}{0,529^{-10}} = 8,33 \times 10^{-8} \text{ (кг} \cdot \text{м/с}^2\text{)}$$

Теперь произведем расчет центростремительной силы, исходя из гравитационного взаимодействия ядра атома водорода (протона) с его электронным окружением. Напомним, что в последующих расчетах применительно масштабной иерархии материи – микромира, нами использовалось значение гравитационной постоянной (Γ) полученной исходя из ранее обсуждаемого принципа эквивалентности гравитационной и инерционной масс.

По аналогии с уравнением (I.37) имеем:

$$F_{\text{ЦС}} = \Gamma \cdot \frac{M_P \cdot M_E}{R_H^2} \quad (\text{I.44})$$

Здесь: Γ – гравитационная постоянная в микромире = $1,53 \cdot 10^{29}$ м³·с⁻²·кг⁻¹ (см. уравнение I.40); M_P – масса покоя протона = $1,672622 \cdot 10^{-27}$ кг; M_E – масса электрона = $9,11 \cdot 10^{-31}$ кг;

R_H – борковский радиус орбиты электрона в атоме водорода = $0,529 \cdot 10^{10}$ м.

$$F_{\text{ЦС}} = \frac{1,53 \cdot 10^{29} \cdot 1,672622 \cdot 10^{-27} \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}{2,8^{-21}} = 8,326 \times 10^{-8} \text{ (кг} \cdot \text{м/с}^2\text{)}$$

Видно, что для атома водорода значение центростремительной и центробежной силы, рассчитанное на основе как кулоновского, так и гравитационного взаимодействия протона и электрона практически совпадают.

Данный факт подтверждает универсальность упомянутого фундаментального закона природы – эквивалентности гравитационной и инерционной массы независимо от масштабной иерархии миров.

Что же касается расчетов центростремительной силы, произведенных исходя из кулоновского взаимодействия ядра и электронного окружения применительно атому кислорода ($Z=8$, $R_O=60 \cdot 10^{-12}$ м):

$$F_{\text{ЦС}} = \frac{8,987 \cdot 10^9 \cdot 64 (1,6022 \cdot 10^{-19})^2}{3,6^{-21}} = 4,101 \times 10^{-6} \text{ (кг} \cdot \text{м/с}^2\text{)},$$

то, как и следовало ожидать ее значение, из-за разницы величин взаимодействующих зарядов ядра и электронного окружения, в сравнении с атомом водорода оказалось приблизительно на два порядка выше.

Далее, произведем расчет центростремительной силы, воздействующей на электронное окружение ядра атома кислорода (O^8_{16}), в соответствии с концепцией гравитационного взаимодействия:

$$F_{\text{ЦС}} = \Gamma \cdot \frac{M_O \cdot \sum M_{\text{Э}}}{R_O^2} \quad (\text{I.45})$$

Здесь, как и в (I.44), гравитационная постоянная применительно масштабу микромира, (Γ) = $1,53 \cdot 10^{29} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$; (M_O) – масса ядра кислорода = $2,66 \cdot 10^{-26}$ кг; $\sum M_{\text{Э}}$ – суммарная масса электронного окружения атома кислорода = $8 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}$, кг; R_O – ковалентный радиус атома кислорода = $60 \cdot 10^{-12}$ м.

Однако, при подстановке этих параметров в (I.45), получаем, в отличие от результатов расчетов для атома водорода, величину $F_{\text{ЦС}}$, превышающую в два раза таковую, рассчитанную по уравнению I.42 (кулоновское взаимодействие):

$$F_{\text{ЦС}} = \frac{1,53 \cdot 10^{29} \cdot 2,66 \cdot 10^{-26} \cdot 8 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31}}{3,6^{-21}} = 8,24 \times 10^{-6}$$

Наблюдаемая разница рассчитанных величин $F_{\text{ЦС}}$ для атомов водорода и кислорода может быть обусловлена тем, что в ядре атома водорода в равной степени сочетается единичный заряд с атомной единицей массы, в то время как в ядре атома кислорода атомных единиц массы в два раза больше.

I.4. Сильная гравитация – гравитационное взаимодействие в микромире.

Сильная гравитация – предполагаемое фундаментальное гравитационное взаимодействие на уровне элементарных частиц, одна из составляющих сильного взаимодействия в физике, описываемая гравитационной моделью сильного взаимодействия [86].

В данной модели полагается, что сильная гравитация совместно с электромагнитными силами ответственна за возникновение и целостность вещества элементарных частиц, атомных ядер, а также участвует во взаимодействиях между электронами и ядрами в атомах и молекулах. Для математического описания сильной гравитации используются уравнения Лоренц-инвариантной теории гравитации [87].

После открытия электрона в 1897 г., протона в 1919 г., нейтрона в 1932 г. и их композиций в виде атомных ядер, атомов и молекул (см. главу I), возникла необходимость описания сил, действующих между частицами и скрепляющих их вещество. В большинстве случаев поведение электрона и протона, помещённых во внешнее электромагнитное поле, удовлетворительно описывается электромагнитными силами [88,89].

Это привело к **стандартной электромагнитной модели атома**, согласно которой сильное взаимодействие имеет место только на масштабах, не сильно превышающих размеры атомных ядер. При этом различным образом рассматриваются две возможные ситуации – сильное взаимодействие между нуклонами (или между другими адронами), и сильное взаимодействие в самом веществе адронов [90].

В первом случае часто применяется пион-нуклонная модель, предложенная японским физиком Хидеки Юкавой, согласно которой роль переносчиков сильного взаимодействия между нуклонами играют виртуальные пионы и другие мезоны [91].

Во втором случае привлекается т.н. квантовая хромодинамика, согласно которой адроны состоят из кварков, два кварка в каждом мезоне, и три кварка в барионах [92]. Кварки взаимодействуют между собой посредством глюонов и не могут существовать вне адронов в свободном виде. Кроме двух или трёх валентных кварков, адрон должен содержать облака глюонов, окружающих кварки, а также моря виртуальных частиц типа кварк-антикварковых и электрон-позитронных пар, W- и Z-бозонов [93].

Переносчиками сильного взаимодействия в квантовой хромодинамике считаются глюоны, а взаимодействие между нуклонами трактуется как некоторое остаточное действие от глюонных полей кварков, выходящее за пределы адронов. Как следствие, силы между двумя нуклонами должны быть намного меньше, чем силы между кварками внутри этих нуклонов.

Однако идея о том, что фундаментальные взаимодействия между одним набором элементарных частиц должны возникать с помощью действия какого-то другого набора элементарных частиц, принадлежит атомистической теории, но противоречит теории бесконечной вложенности материи (см. VI главу).

Действительно, реакции между элементарными частицами подчиняются законам сохранения энергии, импульса и электрического заряда; вещество, энергия-импульс и заряд одних частиц переходит в соответствующие величины других частиц, но это ещё не означает, что переносчиком и причиной взаимодействий являются снова сами элементарные частицы.

Взаимодействие нуклонов между собой посредством пионов плохо согласуется с «наличием» кварков и глюонов, призванных описать целостность адронов, вследствие проблемы не наблюдаемости кварков в свободном состоянии и неясности трансформации сил между кварками внутри каждого из нуклонов в сильное взаимодействие между различными нуклонами в атомном ядре. Не спасает положения и введение виртуальных частиц с их экзотическими свойствами (малое время жизни, одновременное рождение частиц и античастиц и т.д.). Так, абстрактное объяснение электромагнитного взаимодействия двух зарядов с помощью виртуальных фотонов как квантов поля до сих пор остаётся утверждением, не подкреплённым конкретной моделью процесса взаимодействия.

Среди попыток объяснения сильного взаимодействия и связи его с гравитацией была высказана гипотеза о том, что в модели т.н. «адронных мешков» адроны представляют собой микро Вселенные де Ситтера, (отражающие состояние Вселенной на ранних стадиях расширения после Большого взрыва) в которых заключены кварки. Радиус адронов, соответствующий радиусам данных микро-Вселенных, связывается с постоянной сильной гравитации и соответствующей космологической постоянной [94].

Идея сильной гравитации в микромире первоначально связывалась с математическим подходом пакистанского и британского физика Абдуса Салама при унификации гравитации и квантовой хромодинамики, а сейчас часто используется для обозначения любого процесса проявления гравитации на уровне элементарных частиц, как основы сильного взаимодействия [95].

Значительно позже, в 1999 г. Российский физик и математик Сергей Григорьевич Федосин, опираясь на подобие уровней материи (SPM), симметрию и теорию гравитации Лесажа, также постулировал существование сильной гравитации как фундаментальной силы на атомном уровне, и нашёл значение постоянной **сильной гравитации** $\Gamma = 1,514 \cdot 10^{29} \text{ м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1}$ [96]. Здесь написание символа сильной гравитационной постоянной (Γ) отличается от общепринятого обозначения гравитационной постоянной (G). Близкие по своему значению результаты, аналогично, были получены нами исходя из значения средней орбитальной скорости вращения электрона на стационарной орбите атома водорода, величины боровского радиуса, взятых из таблицы I.1 и массы покоя протона. (см. уравнение I.40.)

Напомним, что в основу комбинированного преобразования SPM положена **инвариантность физических законов** в результате переходов с одного масштабного уровня материи на другие ее масштабные уровни (см. дальнейшее обсуждение этой проблемы в главе VI).

Для такого перехода, с использованием преобразования SPM, необходимо одновременно совершить трансформацию скоростей перемещения сопоставляемых объектов в пространстве (S), преобразование размеров (масштабов объектов P) и преобразование масс (M). Значения S, P и M фиксируются с помощью соответствующих **коэффициентов подобия** между теми уровнями, где осуществляется переход [97].

Примеры коэффициентов подобия приведены в статьях: «Подобие уровней материи», «Квантованность параметров космических систем», «Водородная система» и др. [98].

Поскольку объекты низшего уровня материи входят в состав объекта высшего масштабного уровня материи, то это позволяет на основании физических законов и уравнений состояния вещества вывести соотношения между коэффициентами подобия S, P и M [99].

Согласно приводимому принципу сопоставления разномасштабного уровня систем Мироздания, если взять две подобные системы, одну в микромире, а другую в макромире, то течение времени, понимаемое, как число однотипных событий в единицу времени, будет гораздо выше в микромире, чем в макромире. Это является следствием большой разницы протяженности событий в микромире по сравнению с длительностью однотипного события в макромире из-за разницы в масштабных размерных единицах.

Под масштабным коэффициентом подобия понимают безразмерную величину, равную отношению двух одинаковых физических величин, но относящихся к сравниваемым и подобным в чём-то друг другу объектам на разных уровнях материи. Как следует из теории размерностей, достаточно знать лишь три коэффициента подобия, например, по массе, размерам и времени, чтобы с их помощью найти любые другие коэффициенты подобия для механических величин. Такие коэффициенты подобия между Метагалактикой и элементарными частицами, как уже было отмечено выше, могут быть представлены **Большими числами** Дирака-Эддингтона (уравнение I.41).

Еще раз напомним, что Большие числа Дирака относятся к наблюдениям британского физика-теоретика, лауреата Нобелевской премии по физике (1933г) Поля Дирака – одного из создателей квантовой механики касательно отношения размеров Вселенной (Мегамир) к размерам элементарных частиц (Микромир), а также отношений сил различных масштабов в этих мирах. Эти отношения формируют очень большие безразмерные числа: около 40 порядков величины. Согласно гипотезе Дирака, современная эквивалентность этих отношений является не простым совпадением, а обусловлена космологическими свойствами Вселенной с необычными свойствами (не исключается зависимость физических фундаментальных постоянных от времени).

Сегодня мы имеем достаточно много примеров для представления чисел Дирака, в том числе и отличных от 40-го порядка. Например, отношение кулоновской силы к силе тяготения:

$$N_G^K = \frac{\varepsilon_G}{\varepsilon_0} \cdot \left(\frac{e}{m_e}\right) = 4,16561 \cdot 10^{42} \quad (\text{I.46})$$

где $\varepsilon_0 = 8,8541878128 \text{ Ф/м}$ – электрическая постоянная, $\varepsilon_G = \frac{1}{4\pi G} = 1,1923 \cdot 10^9 \frac{\text{кг}\cdot\text{с}^2}{\text{м}^3}$ – гравитационная электро-подобная константа и $G = 6,67430 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг}\cdot\text{с}^2}$, – гравитационная постоянная $m_e = 9,1093837015 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – масса электрона.

Таким образом, именно на порядок величины N_G^K отличается значение астрономической гравитационной постоянной от значения сильной гравитационной постоянной (уравнение I.40).

Вполне вероятно, что непропорциональное использование астрономической величины гравитационной постоянной применительно атомарным структурам в микромире и явилось оправданием принятия «более сильного», но также характерного для масштаба макромира, кулоновского взаимодействия частиц.

Вероятно также, аналогичное несовпадение протяженности во времени близких по своей природе событий, имеет место в микро и макромире.

Так, за один земной год ($3,154 \cdot 10^7$ с.) Земля совершает один полный оборот вокруг гравитирующего Солнца.

В то время, как период обращения электрона в атоме водорода по первой боровской орбите (см. таблицу I.1) составляет $1,5 \cdot 10^{-16}$ с., откуда коэффициент перехода течения времени в микромире в астрономическое время $N_A^M \approx 2,1 \cdot 10^{23}$.

Подобное резкое увеличение гравитационной постоянной может свидетельствовать о существенной роли гравитационного взаимодействия в пространственном масштабе микромира.

Следовательно, не исключена вероятность того, что гравитационное взаимодействие обладает не только дальнодействием, но и близкодействием, т.е. является универсальным свойством взаимодействия вещественной материи на всех масштабных уровнях Мироздания.

Теперь попытаемся применить полученное в уравнении (I.40) значение гравитационной постоянной в следующем практическом примере.

Известно, что плотность вещества (ρ_i) сферической формы радиуса R_i , и массой m_i определяется выражением:

$$\rho_i = \frac{3m_i}{4\pi R_i^3} \quad (I.47)$$

Тогда, как средняя плотность сферического тела с радиусом R_i , обращающегося вокруг центра его массы со скоростью V_i может быть определена из уравнения:

$$\rho_i = \frac{3 \cdot V_i^2}{4\pi G R_i^2} \quad (I.48)$$

Воспользуемся уравнениями (I.47) и (I.48) для вычисления плотности, например, атома водорода.

В данном случае масса атома водорода m_i может быть представлена как сумма масс протона и электрона – составных элементов атома водорода: $(1,67262192 \times 10^{-27} + 9,1093837 \times 10^{-31}) \approx 1,673 \times 10^{-27}$; значения R_i – боровского радиуса и V_i – орбитальной скорости вращения электрона на боровской орбите заимствуем из таблицы I.1.

Согласно уравнению (I.47), плотность атома водорода:

$$\rho_i = \frac{3m_i}{4\pi R_i^3} = \frac{3 \cdot 1,673 \cdot 10^{-27}}{12,566(0,529 \cdot 10^{-10})^3} = 2,698 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3} \quad (I.49)$$

Расчет плотности атома водорода по уравнению (I.48), при подстановке найденного из (I.40) значения гравитационной постоянной, дает аналогичную полученной в (I.50) величину:

$$\rho_i = \frac{3 \cdot v_i^2}{4\pi G R_i^2} = \frac{3 \cdot 4,84 \cdot 10^{12}}{12,566 \cdot 1,53 \cdot 10^{29} (0,529 \cdot 10^{-10})^2} = 2,698 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3} \quad (\text{I.50})$$

Таким образом, результаты приведенных расчетов дают основание предполагать, что центростремительная сила, воздействующая на происходящее по инерции орбитальное вращение электронов вокруг ядер атомов, может определяться **гравитационным взаимодействием**.

В данном случае, ссылаясь на работу [100] можно предположить, что основному (стационарному) состоянию ядра до воздействия внешнего источника энергии, соответствует минимальное значение энергии и массы покоя:

$$M_{\text{СТ}} = \frac{E_{\text{СТ}}}{c^2} \quad (\text{I.51})$$

Тогда избыток энергии возбужденного состояния атома ($E_{\text{ВОЗ}}$), по сравнению с энергией покоя основного состояния ($E_{\text{СТ}}$), можно представить, как энергию возбуждения ядра:

$$W = E_{\text{ВОЗ}} - E_{\text{СТ}} \quad (\text{I.52})$$

Следовательно, масса ядра в возбужденном состоянии должна быть больше массы ядра в основном состоянии на величину:

$$\Delta M = M_{\text{ВОЗ}} - M_{\text{СТ}} = W/c^2. \quad (\text{I.53})$$

Здесь и в (I.51) использовано соотношение эквивалентности массы и энергии – физической концепции теории относительности: $E = mc^2$ [101,102]

Исходя из данного положения, представляется возможным пересмотреть приведенное ранее условие равновесия действующих на электрон центростремительной и центробежной сил ($\vec{F}_{\text{цс}} = \vec{F}_{\text{цб}}$) в стабильном:

$$\frac{M_{\text{СТ}} \cdot m}{R_{\text{СТ}}^2} = \frac{m \cdot V_{\text{СТ}}^2}{R_{\text{СТ}}} \quad (\text{I.54})$$

и возбужденном водородоподобном атоме:

$$\frac{M_{\text{ВОЗ}} \cdot m}{R_{\text{ВОЗ}}^2} = \frac{m \cdot V_{\text{ВОЗ}}^2}{R_{\text{ВОЗ}}} \quad (\text{I.55})$$

где: $M_{\text{СТ}}$ и $M_{\text{ВОЗ}}$ – массы ядра атома в стационарном и возбужденном состоянии; $R_{\text{СТ}}$ и $R_{\text{ВОЗ}}$ – радиусы орбит; $V_{\text{СТ}}$ и $V_{\text{ВОЗ}}$ – орбитальные скорости электрона в стационарном и возбужденном состоянии атома; m – масса электрона.

В этом случае, в отличие от уравнения (I.34), энергетический баланс поглощения и излучения фотонов соответствующей частоты (ν_i), сопровождаемый межорбитальным перескоком электрона, может быть отображен следующим соотношением:

$$h\nu_i = \frac{M_{\text{ВОЗ}} \cdot m}{R_{\text{ВОЗ}}^2} - \frac{M_{\text{СТ}} \cdot m}{R_{\text{СТ}}^2} = \frac{m \cdot V_{\text{ВОЗ}}^2}{R_{\text{ВОЗ}}} - \frac{m \cdot V_{\text{СТ}}^2}{R_{\text{СТ}}} \quad (\text{I.56})$$

Вытекающее из приведенных уравнений (I.54 - I.56) влияние приращения массы ядра атома в возбужденном состоянии (за счет поглощенной энергии) на установившееся новое соотношение уравнивающих друг друга центростремительной и центробежной сил, дает основание полагать, как это уже обсуждалось ранее, о возможном наличии **гравитационного взаимодействия** между орбитально-вращающимся электроном и гравитирующим ядром – альтернативного общепринятому кулоновскому взаимодействию.

Еще одним свидетельством тому, является не кулоновский механизм межатомного и межмолекулярного взаимодействия при замене в молекуле атома, участвующего в реакции, на его изотоп, проявляющийся в различии скоростей превращения и известного как **кинетический изотопный эффект** [103-105].

В основе кинетического изотопного эффекта лежит тот факт, что прочность связи между двумя атомами **зависит от их массы**. Поэтому замена атома на его изотоп приводит к тому, что прочность связи заметно изменяется. Сильнее всего этот эффект выражается при замене протона на дейтерий и на тритий, т. к. в этом случае относительная разность масс атомов составляет 100 и 200%. Связь С–Т прочнее связи С–D, которая в свою очередь прочнее связи С–H.

Поэтому, если в переходном состоянии эти связи подвергаются разрыву, то дейтерий и тритий замещенные вещества реагируют медленнее.

Наблюдаемое при этом различие в скорости реакции выражают соотношением констант скоростей:

$$k_{(\text{H})}/k_{(\text{D})} \cong \sqrt{\frac{m_{\text{D}}}{m_{\text{H}}}} \cong \sqrt{2} \quad \text{и} \quad k_{(\text{H})}/k_{(\text{T})} \cong \sqrt{\frac{m_{\text{T}}}{m_{\text{H}}}} \cong \sqrt{3} \quad (\text{I.57})$$

В результате, энергия разрыва связи атомов, или фрагментов молекул с протием будет меньше, нежели разрыва связи таких же фрагментов молекул, связанных с дейтерием и тритием. Т.е. прочность химической меж-атомарной связи элементов с изотопами элементов не связана с величиной разноименных зарядов электронов и атомных ядер, а пропорциональна **величинам их масс**.

Следующий пример, свидетельствующий о неоднозначности электронной концепции химической связи, основанной на кулоновском электростатическом

взаимодействии, относится к формированию под действием ионизирующего излучения структуры «неклассического» иона – молекулярного иона водорода H_2^+ – соединения, образованного единственным электроном (рис. I.16).

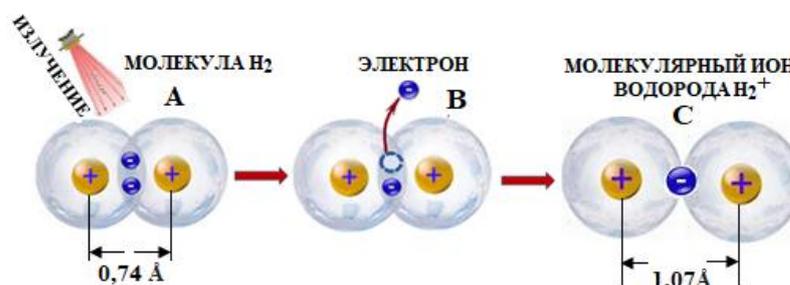


Рис. I.16. Иллюстрация образования молекулярного иона водорода под действием ионизирующего излучения.

В молекулярном ионе водорода H_2^+ нет ни дублета электронов, нет ни компенсации спинов электронов, нет ни перекрывания атомных орбиталей, которые образуют ковалентную связь, поскольку в системе присутствует лишь единственный электрон. Т.е. имеет место так называемая одноэлектронная химическая связь. Тем не менее, молекулярный ион водорода H_2^+ является вполне устойчивым соединением.

Обращает на себя внимание тот факт, что сила «кулоновского удерживания» одним электроном двух ядер атомов (протонов) в молекулярном ионе водорода должна быть как минимум вдвое меньше таковой в молекуле водорода, ковалентная связь атомов водорода в которой обусловлена наличием двух «спаренных» электронов.

Считается, что в двух электронной ковалентной химической связи половина её длины соответствует величине ковалентного радиуса атома, то в одноэлектронной химической связи половина её длины соответствует орбитальному радиусу атома.

Тем не менее, сопоставление длины одноэлектронной химической связи в молекулярном ионе водорода ($1,07\text{Å}$) с длиной ковалентной связи в молекуле водорода ($0,74\text{Å}$), дает основание предполагать, что возрастание ее величины не прямо пропорционально уменьшению вдвое количества «связывающих» электронов, и обусловлено притяжением ядер атомов водорода (протонов) вовсе не за счет сил электростатической природы.

К числу примеров, свидетельствующих о не электростатической природе химической связи в молекулах, можно причислить образование молекулярных ионов щелочных металлов с одноэлектронной химической связью [106].

Существование молекулярных ионов щелочных металлов Li_2^+ , Na_2^+ , K_2^+ , Rb_2^+ , Cs_2^+ , в которых химическую связь создаёт единственный валентный электрон расширяет и дополняет понятие о химической связи. В перечисленных ионах ни о каком взаимодействии спинов электронов и перекрывании электронных облаков не может быть речи. Единственный связывающий электрон локализуется в пространстве между ядрами в месте касания электронных оболочек атомов и удерживает их в едином целом, образуя химическую систему.

Приведенная на рис. I.17. гистограмма иллюстрирует зависимость длины ковалентной и одноэлектронной связи в молекулярных ионах щелочных металлов 1-й группы периодической таблицы химических элементов от их атомной массы. Видно, что с увеличением атомной массы металла в связанной одним электроном химической системе, длина одноэлектронной связи приближается к длине ковалентной двух электронной связи и для атомов цезия нацело совпадает с последней.

Так как масса атомов практически полностью сосредоточена в их ядрах, то данное обстоятельство, аналогично приведенным выше примерам, свидетельствует о наличие вклада в энергию межатомной связи, собственно, массы ядер, т.е. при неизменной электронной конфигурации имеет место гравитационное межъядерное взаимодействие.

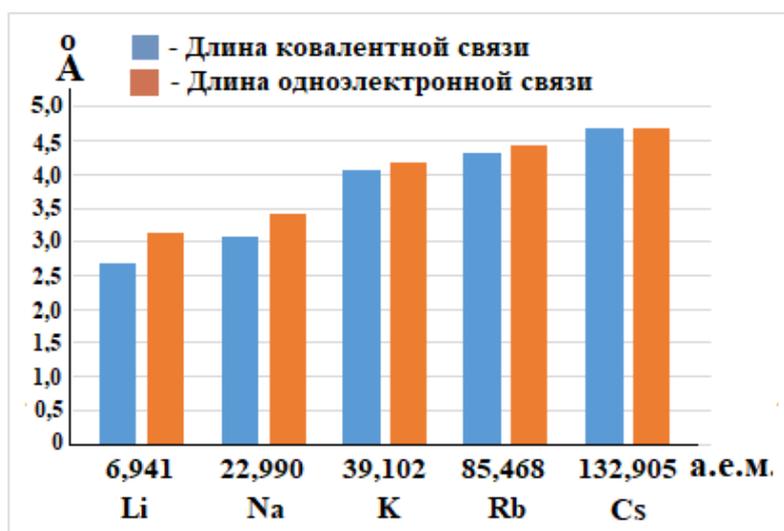


Рис. I.17. Зависимость длины ковалентной связи щелочных металлов и длины одноэлектронной связи в их молекулярных ионах от атомной единицы массы.

Хотя современные «физические идеалисты», абсолютизируют различие макро- и микромира, а также особенности их познания, тем не менее, микромир и макромир являются взаимосвязанными и взаимодействующими.

Микромир создает основу для понимания и объяснения макромира, а макромир предоставляет контекст и значимость для микромира.

Отображение в сознании концепции Мироздания проявляется в виде совокупности открытых **законов природы**, которые призваны самой природой быть инвариантными относительно масштабной иерархии мира Материи.

Что же является основой всеобщего характера законов природы?

На современном этапе развития научного знания сформировано представление о глобальном единстве материального мира. Все, что окружает человека есть материя в самых разных формах ее проявления.

Космологический принцип проявления материи – это **идентичность** совокупности физических процессов, происходящих как в близлежащих, так и отдаленных друг от друга областях Вселенной. Сами процессы и законы, их описывающие оказываются универсальными. Ближний Космос, включающий нашу Галактику, является типичным образцом Вселенной в целом. Различные элементы материального мира образуют единую систему, и процессы, протекающие в ней, описываются едиными фундаментальными законами. На каждом этапе развития основные закономерности поведения подсистем имеют связь со всей системой - Вселенной, с ее общей эволюцией. Мир един, Вселенная – единое целое.

Все, что доступно нашему наблюдению, в том числе и развитие общества, и сам человек являются всего лишь составными частями Вселенной. Следовательно законы материального мира обладают единством на фундаментальном уровне. Изучая какое-либо одно явление, мы получаем косвенные знания о целом ряде других.

Происходящая в мире материи кооперативная эволюция предполагает наличие круговорота между макро- и микро-составляющими эволюционирующей системы. Круговороты материи на всех ступенях своей реализации «опираются» на некоторый фундамент. В современной космологии – это постулируемый физический вакуум, в космогонии – различные ступени взаимодействия элементарных частиц, в биосфере – жизнь в целом.

Обращаясь снова к предполагаемой структурной аналогии планетарных систем макромира и атомарных систем микромира, можно допустить, что процессы энерго- и массообмена в этих разномасштабных системах имеют не только электромагнитную, но и гравитационную природу, и происходят при участии образовавшейся межзвездной и межатомной среды.

При этом, межзвездное (межпланетное) и межатомное пространство, в основном, заполнено электромагнитным излучением и элементарными частицами звездного и ядерного происхождения.

I.5. Энергетический и вещественный обмен между структурными элементами Вселенной.

Более доступная к описанию, по наблюдаемым явлениям, межзвездная среда, заполняющая межзвездное пространство, содержит вещественную составляющую, состав которой представлен продуктами ядерного синтеза, происходящего в самих звездах, а также межзвездное электромагнитное поле.

Между структурными элементами Вселенной происходит непрерывный энерго-вещественный обмен.

На протяжении всего времени своего существования звезды испускают так называемый звездный ветер, поставляющий в межзвездную среду элементы содержащиеся в «атмосфере» звезды, которые поглощаются близ расположенным звездным окружением, более «холодным» по отношению к окружающим звездам – источникам потока вещества и энергии в межзвездное пространство.

Вещество, из которого состоят звёзды, при определённых условиях может преодолевать их притяжение и выбрасываться в межзвёздное пространство.

Остановимся на этом вопросе несколько подробнее.

Происходящие, в звездной массе, например, на Солнце экзо-энергетические процессы сопровождаются выбросом в окружающее космическое пространство как вещественной материи в виде ионизированных атомов (плазмы), так и излучения.

Если кинетическая энергия потока (вещество + излучение) превышает пороговое значение сил солнечной гравитации, то поток покидает окосолнечное пространство и в космическом пространстве формируется так называемый **Солнечный ветер** [107], распространяющийся со скоростью в пределах от 300 до 800 км/с. (рис. I.18.).

Солнечный ветер является движением очень разреженной плазмы, выбрасываемой из атмосферы Солнца (или другой звезды). Он состоит преимущественно из отдельных электронов и протонов со средними энергиями около 1кэВ.

Этим частицам удастся преодолеть гравитационное поле Солнца благодаря высокой температуре короны и других, пока еще не до конца изученных процессов, придающих им дополнительную энергию.

За счет непрерывного излучения в космическое пространство Солнце ежегодно теряет свою массу в количестве $\sim 1,35 \cdot 10^{17}$ кг. За время своего существования (~ 5 млрд лет) Солнце потеряло массу, исчисляемую в $\sim 6,75 \cdot 10^{26}$ кг.

Учитывая текущую массу Солнца $1,99 \cdot 10^{30}$ кг, потеря его массы за все время существования составила всего $\sim 0,03\%$ [108].



Рис. I.18. Иллюстрация Солнечного ветра, распространяющегося в космическом пространстве по закону расширяющейся сферы и частично поглощаемого Землей.

Аналогичные «Звездные ветры» формируются во Вселенной благодаря высокоэнергетическим процессам, происходящим на так называемых «горячих звездах» различной степени светимости.

Вещество и излучение, распространяющиеся в космическом пространстве в виде космических лучей поглощаются гравитирующими космическими телами, например, звёздами, характеризующимися более низким энергетическим потенциалом и «холодными» планетами, но в основном, фокусируется в наиболее «разряженных» участках пространства Вселенной в виде газопылевых туманностей, на базе которых, в последствии, образуются новые звёздные системы (рис. I.19).

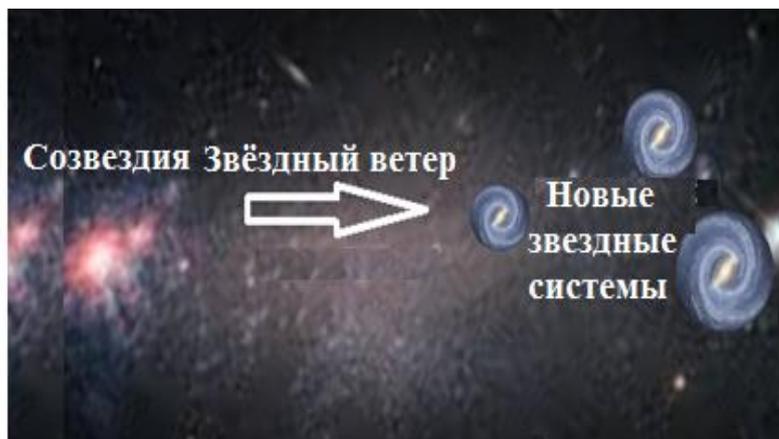


Рис. I.19. Модель распространения звездного ветра в космическом пространстве и формирования газопылевых туманностей – предтечей новых звездных систем.

Помимо основных составляющих Солнечного ветра – протонов и электронов, в его составе также были обнаружены α -частицы, высокоионизованные ионы кислорода, кремния, серы, железа. Однако концентрация этих частиц в космическом пространстве чрезвычайно низка, и составляет от 6 до 10 единиц в см^3 , в то время как в плотной материи: в 1 см^3 газа или конденсированного вещества содержится от $3 \cdot 10^{19}$ до $3 \cdot 10^{22}$ частиц [109].

Таким образом, относительно **плотной материи Вселенной**, космическое межпланетное и межзвёздное пространство практически можно принять за космический вакуум.

Но реальное космическое пространство, как видно из вышеизложенного, не лишено абсолютно материального содержания, и поэтому вполне может играть роль **посредника – «эфира», физического вакуума, энергоинформационного поля**, (как угодно), при обмене звездным веществом и энергетическом обмене излучением между космическими телами.

Возникший на активных звездах, в частности, на Солнце, новый импульс электромагнитного излучения, распространяется в космическом пространстве в виде электромагнитных волн, представляющих собой колебание обозначенной выше **среды**, переносящей энергию излучения от источника к поглощающему объекту так называемым **эстафетным** путем.

Естественно, что это излучение частично поглощается вещественной составляющей космического пространства, и при этом **теряет** часть своей кинетической энергии ($E=mv^2/2$), а, следовательно, и скорость распространения - v .

Напомним, что измеряемая скорость распространения излучения (в том числе света) в «теоретическом» вакууме составляет ~ 300000 км/с.

Можно допустить, что измерение скорости распространения электромагнитных волн в космическом пространстве («вакууме») производилось и производится приборами, относящимися к **вещественной материи**, вблизи и в среде которых плотность (концентрация) частиц космического пространства резко **возрастает**.

Следовательно, при этом также резко возрастает поглощение энергии распространяющегося излучения и **снижение** скорости его распространения.

С момента открытия закона сохранения энергии встал вопрос об источнике энергии звёзд.

По этому поводу выдвигались различные гипотезы, и одной из наиболее известных была **контр акционная** гипотеза: в ней предполагаемым источником энергии считалось гравитационное сжатие звезды (которое также объясняло видимое разнообразие звёзд), но в дальнейшем выяснилось её противоречие: для Солнца подобного источника энергии хватило бы на 10^7 лет, в то время как возраст Земли, по геологическим и биологическим данным составлял как минимум 10^9 лет [110].

Согласно существующим астрофизическим моделям, Звёзды образуются из холодных разреженных облаков межзвездного газа, который сжимается из-

за гравитационной неустойчивости. В процессе сжатия протозвезды разогреваются настолько, что в их недрах начинаются термоядерные реакции синтеза гелия из водорода.

В момент начала термоядерных реакций протозвезда становится звездой главной последовательности (исключение могут составлять субкарлики и коричневые карлики), в ранге которой будет находиться большую часть своей жизни. Солнце также находится на этой стадии звезды главной последовательности [111].

Для того чтобы гравитационная неустойчивость привела к сжатию молекулярного облака, нужно, чтобы сумма его потенциальной энергии и удвоенной кинетической энергии, в соответствии с теоремой вириала, стала бы отрицательной [112]. При постоянной плотности облака радиусом R модуль потенциальной энергии (сама она отрицательна) растёт пропорционально R^5 , а сумма значений кинетической энергии всех молекул – пропорционально R^3 .

Следовательно, облако начнёт сжиматься, если его масса M_0 больше определённой величины, которая при плотности облака ρ молярной массе его газа μ и температуре T равняется:

$$M_0 = \left(\frac{3}{4\pi\rho} \right)^{1/2} \cdot \left(\frac{5RT}{\mu G} \right)^{3/2} \quad (1.58)$$

где: G – гравитационная постоянная; R – универсальная газовая постоянная.

Срок жизни звезды, в зависимости от начальной массы, продолжается от нескольких миллионов до десятков триллионов лет [113]. Поэтому астрономы прямо наблюдают только очень малый по сравнению с продолжительностью жизни звезды период её эволюции, на протяжении которого эволюционные изменения практически незаметны.

На конечной стадии эволюции, в зависимости от массы, звезда либо сбрасывает внешнюю оболочку, становясь белым карликом, либо превращается в сверхновую звезду. После взрыва сверхновой остаётся нейтронная звезда, или так называемая «черная дыра»

В пределе, условия энергетического равновесия между звездными системами на локальном уровне могут быть нарушены, и в конце жизни определенной звезды с нее «сбрасывается» расположенная над плотным ядром более разряженная оболочка, насыщая межзвездную среду продуктами, представляющими собой раскаленную плазму. В результате можно представить следующую картину формирования космических объектов, таких как звезды и планеты.

Распространяясь в межзвездной космической среде, раскаленная плазма претерпевает охлаждение, превращаясь в межзвездный газ, который так или иначе оказывается вовлеченным в процесс образования новых звезд в тех участках межзвездного пространства, которые по отношению к ближнему звездному окружению характеризуются меньшим энергетическим потенциалом (рис. I.19).

Каждую звезду окружает диск из оставшегося вещества, которого достаточно для образования планет. Молодые диски в основном содержат водород и гелий. В их горячих внутренних областях частицы пыли испаряются, а в холодных и разреженных внешних слоях частицы пыли сохраняются и растут по мере конденсации на них испарившегося вещества.

Частицы пыли в протопланетном диске, хаотически двигаясь вместе с потоками газа, сталкиваются друг с другом и при этом иногда «слипаются», иногда разрушаются. Пылинки поглощают свет звезды и переизлучают его в длинноволновом инфракрасном диапазоне, передавая тепло в самые темные внутренние области диска. Температура, плотность и давление газа в целом снижаются с удалением от звезды. Из-за баланса давления, гравитации и центробежной силы скорость вращения газа вокруг звезды меньше, чем у свободного тела на таком же расстоянии.

Таким образом, звёзды образуются из холодных разреженных облаков межзвездного газа, которые сжимаются из-за гравитационной «неустойчивости», и в процессе сжатия разогреваются настолько, что в их недрах начинаются термоядерные реакции синтеза гелия из водорода [114].

В момент начала термоядерных реакций протозвезда становится звездой т.н. главной последовательности, когда ее единственным источником энергии становятся идущие в ядре упомянутые термоядерные реакции [115].

Приведенное краткое описание стадий эволюции звезд во Вселенной демонстрирует их исключительную стабильность во времени.

Отметим, что наиболее устойчивыми звездами являются те, масса которых находится в пределе **0,08 – 120 M_{\odot}** (M_{\odot} – масса Солнца).

Предположительно, что описанные процессы энерго-массообмена, однако в масштабном измерении, отличающемся на несколько десятков порядка, имеют также место в микромире, обеспечивая его структурную стабильность.

Хотя высказанные здесь предположения о структурной аналогии макро и микромира имеют преимущественно гипотетический характер, тем не менее они не лишены логического основания, что и подтверждается предложенной Резерфордом и Бором общеизвестной планетарной моделью атомов.

ГЛАВА II.

ПУТЕШЕСТВИЕ ВГЛУБЬ АТОМА И СОВРЕМЕННЫЕ МОДЕЛИ АТОМНОГО ЯДРА.

По всей видимости, годом рождения и становления физики исследования атомного ядра – ядерной физики, условно, можно считать 1932 год. Естественно, что ядерная физика в каком-то смысле существовала и до этой даты.

Так, еще в самом начале двадцатого века уже было известно, что внутри атома имеется ядро, что наличествуют радиоактивные излучения, представляющие потоки альфа-, бета- и гамма-частиц, что происходят ядерные реакции и что в ходе этих реакций одни атомы могут превращаться в другие.

Тем не менее, эта дата определена тем, что именно в этом году был осуществлен целый ряд открытий, среди которых самым важным было открытие **нейтрона**.

Как уже было отмечено выше, автором этого открытия был английский физик, лауреат Нобелевской премии по физике Джеймс Чедвик. В феврале 1932 года после нескольких недель экспериментов, проведенных в Кембриджской лаборатории Чедвик отправил письмо в журнал *Nature*, под названием «Возможное существование нейтрона» [116].

В этом письме он сообщил о своих выводах в статье, озаглавленной «Существование нейтрона», и отправленной в мае в журнал *Proceedings of the Royal Society*. Таким образом, открытие нейтрона стало новым этапом в понимании строения атомного ядра.

Сегодня ядерная физика стала стимулом развития фундаментальных исследований и технологий также во многих неядерных областях научных исследований, поскольку аккумулирует в себе их достижения и развивается благодаря им. Поэтому развитие ядерной физики неразрывно связано с общим прогрессом в развитии мирового индустриального общества.

Началом работ по делению ядра в СССР можно считать 1920-е годы. Так в ноябре 1921 года был основан Государственный физико-технический рентгенологический институт, который более трех десятилетий возглавлял академик Абрам Федорович Иоффе [117], и уже в начале 1930-х годов ядерная физика становится одним из основных направлений отечественной физической науки.

В СССР работы по реализации ядерных проектов в 1943–45 гг. осуществлялись под руководством основателя и первого директора Института атомной энергии (1943—1960), академика Игоря Васильевича Курчатова [118].

К середине 1945 г. Под руководством И.В. Курчатова были запущены экспериментальные установки по разделению изотопов, в результате чего, создание атомной бомбы в СССР стало реальностью.

В 1946 г. был учрежден Специальный комитет по созданию атомной бомбы. В этом же году был запущен первый исследовательский реактор Ф-1 на базе Курчатовского института. Создание советской атомной бомбы РДС-1 завершилось успешным ее испытанием на Семипалатинском полигоне в августе 1949 г.

Одновременно с военными разработками в СССР велись масштабные исследования возможности использования атомной энергии в мирных целях, прежде всего, для производства электроэнергии, а также в науке, медицине, сельском хозяйстве, промышленности. Началом мирного использования ядерной энергии принято считать день 26 июля 1954 г., когда в г. Обнинске под Москвой заработала первая в мире атомная электростанция (АЭС). Мощность её была 5 МВт(эл).

Пуск первой АЭС породил надежды на экологически чистую энергетику с практически неограниченными ресурсными возможностями. Это событие наглядно продемонстрировало, что атомную энергию можно превратить, по словам акад. И. В. Курчатова, *«в мощный источник энергии, несущий благосостояние и радость всем людям на земле»*.

Проникновение в глубинную структуру атомных ядер стало возможным лишь в последние годы благодаря созданию **ускорителей элементарных частиц** – установок, предназначенных для получения направленных потоков (пучков) заряженных частиц с энергией, значительно превышающей энергию их теплового движения. Ускорители являются источниками пучков как первичных ускоренных заряженных частиц, так и вторичных частиц (мезонов, нейтронов, фотонов, атомов и др.), получаемых при взаимодействии первичных частиц с ядерной мишенью.

Работа ускорителя основана на взаимодействии заряженных частиц с электрическим и магнитным полями. Электрическое поле способно совершать работу над частицей, то есть увеличивать её энергию.

Магнитное же поле, создавая силу Лоренца, только отклоняет частицу, не изменяя её энергии, и задаёт орбиту, по которой, собственно, и происходит движение частицы.

Конструктивно ускорители можно принципиально разделить на две большие группы.

Это **линейные ускорители**, где пучок частиц однократно проходит ускоряющие промежутки, и **циклические ускорители**, в которых пучки движутся по замкнутым кривым (например, окружностям), проходя ускоряющие промежутки по многу раз.

В линейных ускорителях частицы разгоняются постоянным электрическим полем и движутся прямолинейно по вакуумной камере, вдоль которой расположены ускоряющие электроды. Важное преимущество высоковольтного ускорителя по сравнению с другими типами ускорителей заключается в возможности получения малого разброса по энергии частиц, ускоряемых в постоянном во времени и однородном электрическом поле.

Данный тип ускорителей характеризуется высоким КПД (до 95 %) и возможностью создания сравнительно простых установок большой мощности (500 кВт и выше), что весьма важно при использовании ускорителей в промышленных целях.

В циклических ускорителях, ускорение частиц осуществляется вихревым электрическим полем, индуцируемым изменением магнитного потока, охватываемого орбитой пучка.

Поскольку для создания вихревого электрического поля необходимо изменять магнитное поле сердечника, а магнитные поля в несверхпроводящих материалах обычно ограничены эффектами насыщения железа на уровне ~ 20 кГс, возникает ограничение сверху на максимальную энергию бетатрона.

Бетатроны используются преимущественно для ускорения электронов до энергий 10—100 МэВ (максимум достигнутой в бетатроне энергии 300 МэВ).

В современных ускорителях, предназначенных для изучения элементарных частиц, могут даже ускоряться **античастицы** (позитроны, антипротоны).

Для увеличения эффективности использования энергии частиц, последние, в ряде установок, называемых **коллайдерами** (**Collide** – сталкивать), после завершения ускорительного цикла сталкиваются в виде встречных пучков [119].

Энергия столкновения частиц, достигаемая в современных ускорителях (Теватронах) достигает величины порядка Тера электрон-вольт ($1 \text{ ТэВ} = 10^{12} \text{ эВ}$).

Так, в Большом адронном коллайдере созданном в Европейской организации по ядерным исследованиям – ЦЕРН, (Женева, Швейцария), энергия столкновения встречных пучков частиц достигает 14 ТэВ.

И тут, как говорится, – понеслось...

Одним из ожидаемых результатов экспериментов, проводимых на коллайдерах, являлось доказательство не элементарности протонов, которые, исходя

из теоретических предпосылок, сами, как бы «состоят» из первокирпичиков – «кварков» [120].

Оказалось, что есть еще и другие «частицы», которые также присутствуют в протоне, – это **глюоны**, частицы, в каком-то смысле, похожие на фотон, но являющиеся составной частью протонов и нейтронов [121].

Поэтому энергия столкновения протонов – это не предельный результат достигаемый в теватронах, так как принципиально может быть достигнута энергия столкновения между собой кварков и глюонов. Кварки, как выяснилось, представляют собой **фермионы** – частицы с полуцелым спином, (со спином $1/2$) и ненулевой массой [122].

Название фермион было введено английским физиком-теоретиком Полем Дираком и происходит от фамилии итальянского физика Энрико Ферми.

Впервые термины «бозон» и «фермион» были использованы Дираком в лекции «Развитие атомной теории», прочитанной им 6 декабря 1945 года в парижском научном музее «Дворец открытий» [123]. Наиболее удивительным свойством кварков является их **дробный** электрический заряд.

Кварки формируются в три пары (три поколения дублетов). Каждый тип кварка принято называть на лирический ряд **ароматом**, так что существуют шесть кварковых ароматов. При этом u -, s - и t -кварки имеют электрический заряд $2/3|e|$, а d -, s -, b -кварки - электрический заряд $-1/3|e|$, где e - заряд электрона.

Кроме того, существуют три кварка данного аромата. Они отличаются квантовым числом, называемым **цветом** и принимающим три значения: желтый, синий, красный (рис. II.1.). Каждому кварку соответствует **антикварк**, имеющий по отношению к данному кварку противоположный электрический заряд и, что наиболее удивительно для восприятия – так называемый **антицвет**: антижелтый, антисиний, антикрасный. Взаимодействие между кварками описывает созданная в 1972г. теория квантовой хромо-динамики (сокращенно КХД), представляющая собой калибровочную теорию квантовых полей, описывающую сильное взаимодействие элементарных частиц.

Наряду с электро-слабой теорией, КХД составляет общепринятый теоретический фундамент физики элементарных частиц.

Таким образом, доказательство не элементарности протона разрушило представление о элементарности положительного электрического заряда, и, возможно, при условии достижения достаточной мощности ускорителей будет установлена не элементарность электрона и, собственно, отрицательного заряда.

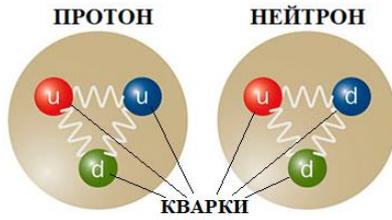


Рис. П.1. «Кварковая» модель нуклонов.

Как уже упоминалось, квантовая хромодинамика основывается на следующем постулате: каждый кварк обладает внутренним квантовым числом, условно называемым **цветовым зарядом**, или просто «цветом».

Термин «цвет» введён в качестве показательной аналогии с оптическим цветом. Инвариантная в цветовом пространстве комбинация является суммой трёх различных цветов: «красного», «зелёного» и «синего», которые являются базисными векторами в этом «цветовом» пространстве. По аналогии с оптическими явлениями, сумма «красного», «зелёного» и «синего» цветов даёт белый цвет (так называемое бесцветное состояние). Далее, как было отмечено выше, антикваркам соответствуют антицвета: «антикрасный», «антизелёный» и «антисиний», причём комбинация «цвет + антицвет» – также бесцветна, т.е. придумано оправдание для невозможности их экспериментального обнаружения.

Глюонам также соответствуют комбинации «цвет-антицвет», причём такие комбинации должны быть инвариантными относительно вращений в цветовом пространстве. Таких независимых комбинаций существует восемь.

Таким образом, принимая во внимание то, что кваркам присвоено названное число ароматов и цветов, согласно сложившимся представлениям, всего существуют 36 кварков и антикварков.

Вот где, воистину, достигли симбиоза физики и лирики! А все лишь потому, что изначально созданные составные модели ядер атомов на основе нуклонных ассоциаций не смогли однозначно объяснить проблему преодоления сил отталкивания между одноименно заряженными протонами – гипотетическими структурными элементами ядер атомов с атомным номером два и выше.

Но, как говорится, и это еще не всё. Утверждается, далее, что кварки взаимодействуют друг с другом посредством обмена восемью **глюонами**, которые представляют собой безмассовые **бозоны** – частицы с целочисленным спином, (равным 1). Причем, что еще более удивительно, в процессе взаимодействия, «цвета» кварков могут изменяться.

В результате, предполагаемый механизм т.н. сильного взаимодействия нуклонов в ядрах атомов условно изображается следующей схемой (рис. П.2.):

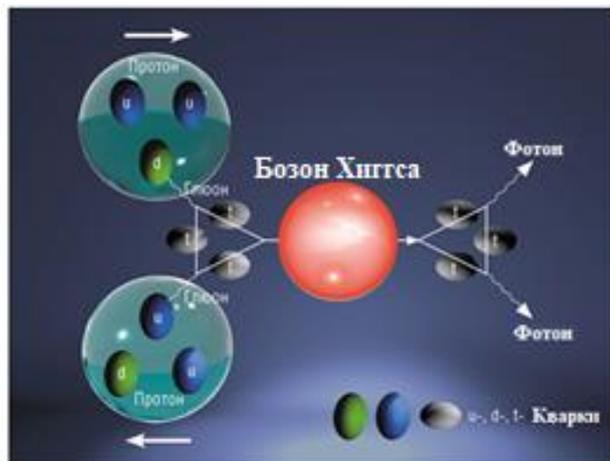


Рис. П.2. «Глюонная» модель сильного взаимодействия. В центре изображен бозон Хиггса.

В соответствии с данной гипотетической схемой, кварки, входящие в состав адронов (на рис. П.2– это протоны) испускают глюоны, в силу чего состояние движения адрона изменяется. Эти глюоны поглощаются кварками, входящими в состав других адронов, и, соответственно меняют состояние их движения. В результате такого «замысловатого» обмена глюонами и возникает взаимодействие адронов друг с другом. Весьма парадоксальная отличительная черта кварк-кваркового взаимодействия через глюоны состоит в том, что с уменьшением расстояния между кварками их взаимодействие ослабляется.

Это явление получило название «**асимптотической свободы**», и ведет к тому, что внутри адронов кварки можно рассматривать как свободные частицы.

Асимптотическая свобода – это физический эффект, возникающий в некоторой калибровочной теории, в которой взаимодействие между частицами, такими как кварки, становится сколь угодно малым при уменьшении расстояния между частицами (r). Другими словами, в асимптотическом ряду, в пределе $r \rightarrow 0$ частицы перестают взаимодействовать и становятся «свободными».

В 2004 году трём физикам-теоретикам из США – Дейвиду Гроссу, Дейвиду Полицтеру и Френку Вильчеку, была присуждена Нобелевская премия по физике с формулировкой «За открытие асимптотической свободы в теории сильных взаимодействий» [124].

Довольствуясь теоретическими указаниями на то, что с ростом расстояния взаимодействие между кварками должно возрастать, считается, что кваркам энергетически выгодно находиться внутри адронов. Это означает, что мы можем наблюдать только «бесцветные объекты» – адроны. Одиночные кварки и глюоны, обладающие «цветом», не могут существовать в свободном состоянии, а посему являются «невидимками»

Явление удержания элементарных частиц, обладающих «цветом», внутри адронов получило название **конфайнмента** [125]. Для объяснения явления конфайнмента предлагались различные модели, однако описание его, вытекающее из основных принципов теории строения ядра, **до сих пор не построено**.

Как уже упоминалось, с качественной точки зрения эти трудности связаны с тем, что, обладая «цветом», глюоны взаимодействуют со всеми «цветными» объектами, в том числе и друг с другом.

Так и напрашивается идея подсказать «бедолагам» физикам-ядерщикам: – «Присвойте вашим кваркам и глюонам другие цвета, которые в сочетании не дают белый, тогда при взаимодействии друг с другом внутри адронов, они будут вынуждены снять свои шапки-невидимки».

Собственно, по этой причине квантовая хромодинамика и является существенно нелинейной теорией и приближенные методы исследования, принятые в квантовой электродинамике и **электрослабой** теории, оказываются не вполне адекватными с точки зрения теории **сильных взаимодействий**.

Теоретическая конструкция в физике элементарных частиц, описывающая электромагнитное, слабое и сильное взаимодействие всех элементарных частиц, получила название **Стандартной модели** (рис. П.3), современная формулировка которой завершена в 2000-е годы после подтверждения наличия кварков [126].

Напомним, что Основы стандартной модели были заложены в 1960 году американским физиком, лауреатом Нобелевской премии (1979г.) Шелдоном Ли Глэшоу, пытавшимся объединить электромагнитное и слабое взаимодействия.

В 1967 году со-лауреат Нобелевской премии по физике с Глэшоу, американский физик Стивен Вайнберг, а также британский и пакистанский физик Мухаммад Абдус Салám включили в теорию Глэшоу механизм Хиггса, придав ей современную форму. Механизм Хиггса необходим для появления массы у всех элементарных частиц – W-бозонов, Z-бозонов, кварков и лептонов [127].

Наглядно механизм Хиггса можно представить следующим образом: рассыпанные по поверхности стола маленькие пенопластовые шарики (аналоги безмассовых частиц) легко разлетаются от малейшего дуновения; однако будучи высыпанными на поверхность воды, они уже не перемещаются с такой скоростью, так как взаимодействие с жидкостью, которая, по аналогии, играет роль вакуумного хиггсовского поля, придает шарикам «инертность».

Поставленные нами кавычки, ставят под сомнение приобретение, в данном случае, шариками инертной массы, как это задумано в механизме Хиггса. [128].

ФЕРМИОНЫ КВАРКИ ЛЕПТОНЫ	Масса → $\approx 2.3 \text{ МэВ}/c^2$ Заряд → $2/3$ Спин → $1/2$ u ВЕРХНИЙ	Масса → $\approx 1.275 \text{ ГэВ}/c^2$ Заряд → $2/3$ Спин → $1/2$ c ОЧАРОВАННЫЙ	Масса → $\approx 173.07 \text{ ГэВ}/c^2$ Заряд → $2/3$ Спин → $1/2$ t ИСТИННЫЙ	Масса → 0 Заряд → 0 Спин → 1 g ГЛЮОН	Масса → $\approx 126 \text{ ГэВ}/c^2$ Заряд → 0 Спин → 0 H БОЗОН ХИГСА
	Масса → $4.8 \text{ МэВ}/c^2$ Заряд → $-1/3$ Спин → $1/2$ d НИЖНИЙ	Масса → $95 \text{ МэВ}/c^2$ Заряд → $-1/3$ Спин → $1/2$ s СТРАННЫЙ	Масса → $4.18 \text{ ГэВ}/c^2$ Заряд → $-1/3$ Спин → $1/2$ b ПРЕЛЕСТНЫЙ	Масса → 0 Заряд → 0 Спин → 1 γ ФОТОН	КАЛИБРОВОЧНЫЕ БОЗОНЫ
	Масса → $0.511 \text{ MeV}/c^2$ Заряд → -1 Спин → $1/2$ e ЭЛЕКТРОН	Масса → $105.7 \text{ МэВ}/c^2$ Заряд → -1 Спин → $1/2$ μ МЮОН	Масса → $1.777 \text{ ГэВ}/c^2$ Заряд → -1 Спин → $1/2$ τ ТАУ	Масса → $91.2 \text{ ГэВ}/c^2$ Заряд → 0 Спин → 1 Z Z БОЗОН	
	Масса → $< 2.2 \text{ эВ}/c^2$ Заряд → 0 Спин → $1/2$ ν_e ЭЛЕКТРОННОЕ НЕЙТРИНО	Масса → $< 0.17 \text{ МэВ}/c^2$ Заряд → 0 Спин → $1/2$ ν_μ МЮОННОЕ НЕЙТРИНО	Масса → $< 15.5 \text{ МэВ}/c^2$ Заряд → 0 Спин → $1/2$ ν_τ ТАУ НЕЙТРИНО	Масса → $80.4 \text{ ГэВ}/c^2$ Заряд → ± 1 Спин → 1 W W БОЗОН	

Рис. П.3 Элементарные частицы, фигурирующие в стандартной модели.

А теперь, кое-что из научной мифологии, касательно общепринятой космологической модели, описывающей образование вещественной материи путем взаимодействия «элементарных» частиц, значащихся в стандартной модели, в период раннего развития Вселенной, а именно, в начале ее расширения в результате т.н. «Большого взрыва», перед которым Вселенная находилась в космическом «сингулярном состоянии» [129].

Так, согласно существующей мифологеме, после окончания этого периода т.н. раннего развития, строительный материал будущей Вселенной представлял собой «кварк-глюонную плазму».

По прошествии некоторого времени температура Вселенной упала до значений, при которых стал возможен следующий фазовый переход, называемый бариогенезисом [130].

Считается, что на этом этапе образования Вселенной, кварки и глюоны объединились в барионы, такие, как протоны и нейтроны.

При этом одновременно происходило асимметричное образование как количественно преобладающей **нормальной материи**, так и **антиматерии**, которые взаимно аннигилировали, превращаясь в кванты электромагнитного излучения [131]. Здесь напрашивается изречение: «нету тела – нету дела», т.е. раз античастицы аннигилировали, то и искать их во Вселенной нет резона.

Иными словами, при формировании Вселенной, антиматерия численно «проиграла» истинной материи, в результате чего, возникла так называемая **барионная асимметрия** Вселенной – «наблюдаемое» преобладание в ее видимой части **вещества над антивеществом**.

Попытки объяснения данного факта, в предположении о барионной симметрии в начальной фазе Большого взрыва, ни в рамках Стандартной модели, ни в рамках общей теории относительности – двух теорий, являющихся основой современной космологии – не увенчались успехом.

Далее предполагалось, что продолжающееся падение температуры привело к следующему фазовому переходу – образованию физических сил и элементарных частиц в их современной форме. После чего наступила эпоха **нуклеосинтеза** [132], при которой протоны, объединяясь с нейтронами, образовали ядра дейтерия, затем гелия-4 и ещё нескольких лёгких изотопов. После дальнейшего падения температуры и расширения Вселенной наступил следующий переходный момент, при котором гравитация стала доминирующей силой.

Через 380 тысяч лет после «Большого взрыва» температура снизилась настолько, что стало возможным существование атомов водорода, так как до этого процессы ионизации и рекомбинации протонов с электронами находились в динамическом равновесии.

Таким образом считается, что фермионы (кварки и лептоны) дали начало веществу во Вселенной. Причем, кварки полагались некими строительными элементами – кирпичиками, складывающимися в целый «дом материи».

Бозонам же были приписаны свойства определять, каким образом материя взаимодействует сама с собой.

К примеру, глюон, относящийся к бозонам, являясь квантом векторного поля и переносчик сильного взаимодействия. должен отвечать за сильные взаимодействия между кварками, подобно бетону, который скрепляет кирпичи строящегося здания вместе.

Фотон – безмассовая частица света, считался ответственным за электромагнитные взаимодействия, а W- и Z-бозоны (см. рис. II.3) – за ядерные распады.

Тем не менее утверждается, что все атомы и молекулы, из которых состоит материя, существуют с самого зарождения Вселенной.

Причем, их появление не только «застало» древнюю Вселенную, но и образовавшиеся первородные элементы материи «наблюдали» расширение Вселенной и дальнейшее ее развитие [133].

Упомянутая выше Стандартная модель оказалась поразительно живучей теорией. Ее устройство было жестко зафиксировано полвека назад и не допускает никаких изменений, никаких надстроек. В ней имеется несколько численных параметров, и они тоже были давным-давно и прочно зафиксированы в официальной науке. Последней неизвестной величиной оставалась масса бозона Хиггса, но сейчас, после «открытия» этой частицы, «измерена» и она.

Ничего «подкрутить» внутри Стандартной модели стало уже невозможным. Ее можно только использовать для предсказаний тех или иных процессов превращения элементарных частиц и затем проверять предсказания экспериментально.

За последние десятилетия это было проделано для тысяч самых разных процессов. В подавляющем большинстве случаев наблюдалось «полное согласие» с моделью – по крайней мере, в пределах погрешностей расчетов и измерений.

Правда, не все удавалось вычислить с достаточной достоверностью, так как многие характеристики адронов остаются очень трудными для расчетов.

На какой-то успех тут можно рассчитывать только благодаря использования численных методов на суперкомпьютерах, и то, точность расчетов тут пока остается на уровне процентов или даже десятков процентов. В результате было предложено достаточное число теоретических моделей, но они, скорее, являлись описательными, а не фундаментальными.

Но все эти претензии не относятся к собственно Стандартной модели, как таковой, – она по-прежнему признается завершенной и не подлежащей пересмотру.

Казалось бы, раз Стандартная работает так хорошо, можно было бы и успокоиться? Увы, нет. Есть целый список причин, почему эта модель не может быть последним словом в физике микромира.

Поэтому физики всё время придумывают некие новые сущности для того, чтобы с их помощью наилучшим образом объяснять наблюдаемые физические эффекты, подгоняя их под свои модели.

Таковыми сущностями являются «темные» материя и энергия вместе с предположением о том, что они почему-то проявляют себя только посредством гравитации, и никаким другим образом, т.е. именно так, чтобы не испортить основные положения так называемой инфляционной теории Вселенной – гипотезе о физическом состоянии и законе расширения Вселенной на ранней стадии Большого Взрыва [134].

В последние годы стало также модным придумывать дополнительные размерности параметров пространства-времени, которые проявляются только в малых масштабах Вселенной. С одной стороны, это понятно – нужно же как-то объяснить парадоксальное противоречие координат с принципом неопределенности. А с другой – можно, конечно, для соответствия теории и реальности ввести в рассмотрение дополнительные степени свободы. Но тогда проблема переносится вглубь, на другой уровень, поскольку нужно будет объяснять, почему эти параметры именно такие, и не какие другие, т.е. создается, примерно, такое же положение, как в Стандартной модели.

Сегодня ученые описывают Вселенную в положениях двух основных частных теорий – общей теории относительности (ОТО) и теории квантовой механики (ТКМ). Обе теории были предложены и состоялись в первой половине двадцатого столетия. Названные теории дали нам в пользование ядерную энергию и произвели микроэлектронную революцию в методах создания электронных приборов и устройств.

ОТО описывает действия гравитации и крупномасштабную структуру Вселенной от нескольких километров до 10^{24} километров, вторая ТКМ, – напротив имеет дело с предельно малыми масштабами, порядка миллионной доли от миллионной доли сантиметра.

Эти частные теории, как известно, из-за колоссальной разно-масштабности объектов приложения, несовместимы друг с другом и не могут быть приемлемыми для совместного описания макро- и микромиров. В этой связи считается, что разработка квантовой теории гравитации главная задача сегодняшней физики, которая должна предоставить возможность объединить в себе обе упомянутые теории.

В итоге физики пришли к решению создать обозначенную выше Стандартную модель мира, в которой, начиная от некоторой первоосновы, последовательно излагались бы все уже известные факты, явления и намечались дальнейшие пути научного постижения мира.

Для получения базовых частиц материи, описания их свойств и законов, управляющих их взаимодействиями, часто предсказываемых теорией явлений, сейчас создаются мощные дорогостоящие ускорители заряженных частиц.

Отметим, что исторически впервые норвежским физиком Рольфом Видероэ в 1928 г был разработан бетатрон а в 1930 г. американский физик Эрнест Орландо Лоуренс (Нобелевская премия 1939 г), принимавший участие в разработке атомной бомбы, был автором создания первого циклотрона [135-136].

Следует уточнить, что обсуждаемая Стандартная модель не является теорией **Всего**, так как не включает в себя гравитационное взаимодействие.

Если принять во внимание уже развитую объединенную теорию электро-слабых взаимодействий, называемую **стандартной**, и следовать тенденции объединения, то возникает проблема построения единой теории электрослабого и сильного взаимодействий.

В настоящее время созданы модели некоей единой теории, получившие название модели **Великого объединения**.

Все эти модели имеют много общих моментов, в частности характерная энергия объединения оказывается порядка 10^{15} эВ, что значительно превосходит характерную энергию объединения электромагнитных и слабых взаимодействий.

Отсюда вытекает, что прямое экспериментальное исследование **Великого объединения** выглядит проблематичным даже в достаточно отдаленном будущем [137].

Для сравнения отметим, что наибольшая энергия, достижимая на современных ускорителях, не превышает 10^4 ГэВ. Поэтому если и будут получены какие-либо экспериментальные данные относительно Великого объединения, то они могут носить только косвенный характер. В частности, модели Великого объединения предсказывают распад протона и существование магнитного монополя большой массы.

Экспериментальное подтверждение этих предсказаний было бы грандиозным триумфом тенденций **Теории Великого Объединения**.

Отметим, что для завершения построения Стандартной модели, кроме электромагнитных полей, соответствующих электромагнитному, сильному и слабому взаимодействиям, потребовалось ещё одно поле, которое должно быть практически неотделимым от пустого пространства и не совпадать с гравитационным полем.

Его принято называть полем **Хиггса** – носителем которого является **бозон Хиггса** (рис. П.2.) [138].

В процессе поиска доказательств реального существования поля Хиггса, за время работы Большого адронного коллайдера было произведено около триллиона В-мезонов, миллионы **топ-кварков** (это самые тяжелые из известных частиц), сотни тысяч «хиггсовских» бозонов, тысяча событий совместного «рождения топ-кварковых пар» вместе с бозонами Хиггса, и несколько сот событий

парного рождения хиггсовских бозонов. Как же тогда получилось, что свойства хиггсовского бозона измерены лишь в общих чертах?

Неужели физикам не хватило сотен тысяч бозонов для его детального изучения? И почему это парное рождение хиггсовских бозонов вообще осталось без внимания, куда пропали сотни рожденных пар?

В итоге, хотя с помощью ускорителя-коллайдера вроде бы удалось «продуцировать» сотни тысяч хиггсовских бозонов, большинство из них, как оказалось, «родились» впустую.

Они «распадались» с такой быстротой, что детектор не смог опознать в мешанине частиц следы бозона Хиггса. А доступными для измерения оказались лишь редкие варианты распада с самым слабым фоном и с вероятностью меньше одного процента.

Про рождение одновременно двух бозонов Хиггса и говорить не приходится: ведь для того, чтобы этот процесс был зафиксирован, необходимо, чтобы каждый из двух бозонов распался определенным способом, синхронно.

Однако за всё время работы коллайдера такая комбинация редких процессов, сочетающих сначала рождение двух бозонов, а затем «нужный» распад каждого из них, не было зафиксировано ни разу [139].

По этой причине, пока нет точных оценок значения массы покоя бозона Хиггса, и если даже, она практически будет обнаружена, то как вместить в упомянутую выше Стандартную модель еще и гравитацию, не понятно пока даже теоретически.

Но физики-теоретики не заставили себя долго ждать. Начало 1986 года было отмечено весьма знаменательным для физики событием.

В первом номере журнала "**Physical Review Letters**" издаваемого Американским физическим обществом, была опубликована статья американских физиков Эфрэйма Фишбаха и его коллег из университета Пардью (Штат Индиана), работающих в области физики элементарных частиц, в которой сообщалось, что имеются надежные экспериментальные данные, позволяющие выдвинуть предположение о существовании в природе ранее неизвестного физического взаимодействия [140].

До сих пор физики имели дело только с четырьмя взаимодействиями - сильным, электромагнитным, слабым и гравитационным, поэтому сообщение о существовании нового, пятого вида физического взаимодействия (или "**пятой силы**"), безусловно, носило характер сенсации.

В течение нескольких лет эта тема находилась под пристальным вниманием физиков.

В многочисленных публикациях высказывались доводы, как поддерживающие идею нового взаимодействия, так и ставившие его существования под серьезное сомнение.

Для противников этой идеи, новая, эфемерная, пятая сила была как пятое колесо в телеге, для сторонников – это было экспериментальным подтверждением некоторых моделей квантовых теорий поля.

Последующие пять-шесть лет были посвящены интенсивной постановки экспериментов, в которых физики-экспериментаторы пытались более тщательно и на более высоком уровне точности проверить гипотезу о существовании пятой силы. Были также развиты многочисленные теоретические модели, в которых предлагалось существование не только пятой силы, но и шестой!

В качестве реакции на приведенные сведения о «строении» атомных ядер, закономерен вопрос, нельзя ли подвергнуть дальнейшему делению уже известные элементарные частицы? Ведь просто увеличивая энергию столкновения частиц, можно в конце концов расщепить также и **составные части** протонов и нейтронов.

А это, по всей видимости, означало бы, что до предела деления дойти **вообще невозможно**, и что структурно завершенных мельчайших единиц материи, возникающих при «ударном дроблении» ядер **вовсе не существует**.

Попытаемся внести некоторую ясность по поводу возникшего вопроса.

Теория атомного ядра создавалась и непрерывно совершенствовалась путем разработки ядерных моделей, предназначенных для описания определенной совокупности ядерных свойств и их проявлений сравнительно простыми математическими способами с минимальным количеством экспериментально определяемых параметров.

Ценность таких моделей определялась количеством учитываемых параметров, а также возможностью объяснения уже выявленных характеристик и предсказания новых свойств атомных ядер. Однако любая модель обладает ограниченными возможностями и не может дать полного описания всех свойств ядра в их совокупности.

В результате приходилось прибегать к разработке все большего числа моделей, приспособленных для описания ограниченного круга явлений, но которые в совокупности отвечали бы современному уровню знаний о внутреннем строении атомов.

В основе всех известных моделей строения вещества, до момента открытия нейтрона, господствовала концепция его электрической природы, в которой рассматривалось электрическое взаимодействие связывающее атомное ядро и электроны атомных оболочек, а атомное ядро, в свою очередь, представлялось состоящим из **протонов** и **электронов**.

Этому, как оказалось в последствии, ошибочному представлению сопутствовал обнаруженный факт вылета электронов при радиоактивном **β -распаде ядер**, обусловленном слабым взаимодействием, и изменяющим заряд ядра на единицу без изменения его массового числа [141].

Даже предсказанная Резерфордом составляющая ядро нейтральная частица (нейтрон), которая была в последствии открыта английским физиком, лауреатом Нобелевской премии Джеймсом Чедвиком, считалась сильно связанным состоянием протона и электрона.

Напомним, что бета-распад (β – распад), является радиоактивным распадом атомного ядра, сопровождающимся вылетом из ядра **электрона** или **позитрона**.

Этот процесс обусловлен самопроизвольным превращением одного из нуклонов ядра в нуклон другого рода, а именно: превращением либо нейтрона (**n**) в протон (**p**), либо протона в нейтрон.

В первом случае из ядра вылетает электрон (e^-) – происходит так называемый **β^- -распад**. Во втором случае из ядра вылетает позитрон (e^+), и при этом происходит **β^+ -распад**.

Вылетающие при β -распаде электроны и позитроны носят общее название **бета-частиц**.

Взаимные превращения нуклонов сопровождаются появлением ещё одной частицы – **нейтрино** (ν) в случае **β^+ -распада**, или **антинейтрино** ($\bar{\nu}$) в случае **β^- -распада**.

При **β^- -распаде** число протонов (**Z**) в ядре увеличивается на единицу, а число нейтронов уменьшается на единицу. Массовое число ядра **A**, равное общему числу нуклонов в ядре, не меняется, и ядро-продукт представляет собой изобар исходного ядра, стоящий от него по соседству справа в периодической системе элементов.

Наоборот, при **β^+ -распаде** число протонов уменьшается на единицу, а число нейтронов увеличивается на единицу и образуется изобар, стоящий по соседству слева от исходного ядра. Символически оба процесса **β – распада** записываются в следующем виде:

$$\frac{A}{Z}\text{Я} \rightarrow \frac{A}{Z+1}\text{Я} + e^{-} + \bar{\nu} \quad (\text{II.1})$$

$$\frac{A}{Z}\text{Я} \rightarrow \frac{A}{Z-1}\text{Я} + e^{+} + \nu \quad (\text{II.2})$$

где: $\frac{A}{Z}\text{Я}$ – символ ядра, состоящего из Z протонов и $A - Z$ нейтронов.

Однако оставался открытым вопрос о природе сил, связывающих протоны и нейтроны в ядре.

В этой связи изучение свойств ядерных сил стало центральной задачей ядерной физики.

Было очевидным, что это силы не электрической природы, что они действуют на расстоянии меньше 10^{-12} см, и это силы притяжения, о чем свидетельствовало существование связанной системы – **дейтрон**, состоящей из протона и нейтрона. Так как дейтрон имеет размер $\sim 2,3$ фемтометра, ($1\text{фм}=10^{-15}\text{м}$) и энергию связи $2,2$ МэВ, а атомные ядра имеют радиусы от 2 до 8 фм, то энергия связи, приходящаяся на один нуклон для большинства атомных ядер, составляет от 5 до 9 МэВ [142]

Следовательно, ядерные силы, связывающие протоны и нейтроны в ядре в тысячи раз превосходят электромагнитные силы на расстояниях ядерных масштабов.

Так возникло представление о новом типе взаимодействий – **ядерном взаимодействии**, которое «связывает» протоны и нейтроны в атомные ядра. Такие, ранее не известные силы, получили название **ядерных сил**, а само взаимодействие получило известность как **сильное взаимодействие**, причисленное к разряду **фундаментальных** [143].

Таким образом, на базе имевшихся к тому времени экспериментальных данных и теоретических представлений о строении атомов, назрела необходимость разработки **модели атомного ядра**, удовлетворяющей этим представлениям. Из-за того, что ядро представляет собой систему достаточно большого числа сильно взаимодействующих и расположенных близко друг к другу частиц (нуклонов), которые при этом состоят из кварков, теоретическое описание такой системы является очень трудной задачей. Тем не менее, использование моделей позволяет достичь хотя и приближённого понимания процессов, происходящих с участием атомных ядер и внутри их.

Из сказанного следует, что теория атомного ядра должна с необходимостью идти по пути создания ядерных моделей, предназначенных для описания выбранной совокупности ядерных свойств или явлений сравнительно простыми

математическими способами с минимальным количеством определяемых параметров.

Такой подход был актуален уже потому, что природные объекты имеют бесконечное количество свойств и связей, а ценность любой модели определяется количеством необходимых параметров и возможностью предсказания новых свойств моделируемого объекта или объяснения уже имеющихся.

В результате разработанные ядерные модели были приближённым описанием некоторых свойств ядер, основанных на отождествлении ядра с какой-либо другой физической системой, свойства которой либо хорошо изучены, либо поддаются более простому теоретическому анализу. Таковы, например, капельная модель ядра, оболочечная модель, модель нуклонных ассоциаций, и т.п.

Среди совокупности сформировавшихся теоретических воззрений на строение атомных ядер преобладала теория о **составном строении** ядер, состоящих из определенной совокупности нуклонов (протоны + нейтроны) [144].

На современном этапе научного и технического развития несомненный научный и практический интерес вызывает изучение и понимание особенностей нуклонного строения как стабильных, так и радиоактивных ядер химических элементов.

Основными инструментами для этого на сегодняшний день является изучение энергетических уровней атомных ядер, например, [145], а также рентгеновских спектров нуклидов [146].

Вместе с тем, приобретают также значимость и другие методы исследования, включая диалектические, графические и другие способы.

Оказалось, что всё многообразие известных нуклидов [147] объективно подчиняется некоторым общим закономерностям. В частности, стабильными ядрами химических элементов являются ядра с максимальной энергией связи нуклонов.

При этом для известных стабильных ядер зависимость заряда ядра от полного числа нуклонов достаточно удовлетворительно описывается приближённой формулой Вайцзеккера [148]:

$$Z_{\text{равн.}} = \frac{A}{0,015 \cdot \sqrt[3]{A^2} + 2} \quad (\text{II.3})$$

где: Z – заряд, A – масса ядра.

Как будет отмечено далее, эта формула выведена для капельной модели ядра и соответствует современным представлениям о том, что число протонов ядра и электронов атома всегда **совпадает** с порядковым номером элемента.

При этом число нейтронов определяется разницей между атомным числом A и числом протонов Z и возрастает с увеличением порядкового номера элемента. Следовательно, формула (II.3) описывает, так называемый, равновесный заряд ядра изотопа.

Хотя капельная модель ядра достаточно хорошо описывает общий характер зависимости энергии связи от массового числа ядра, существуют особенности в поведении ядер, для описания которых этой модели недостаточно.

Первая такая особенность – наибольшая устойчивость лёгких ядер – имеет место при $Z \sim A - Z$.

Образование пары нейтрон-протон энергетически более выгодно, чем образование пар протон-протон, нейтрон-нейтрон, поэтому отклонение в любую сторону от вышеуказанного условия приводит к уменьшению энергии связи, а при больших Z именно это происходит, что объясняется возрастанием кулоновского отталкивания. Этот эффект объясняется тем, что одинаковые элементарные частицы, т.н. **фермионы** не могут находиться в одинаковых состояниях.

Название фермион было введено английским физиком-теоретиком Полем Дираком от фамилии итальянского физика Энрико Ферми; впервые термины «бозон» и «фермион» были использованы Дираком в лекции «Развитие атомной теории», прочитанной им во вторник, 6 декабря 1945 года в парижском научном музее «Дворец открытий» [149].

Оказалось, что все элементарные частицы можно разделить на две группы, в зависимости от значения их спина: частицы с целым спином относятся к **бозонам**, а с полуцелым – к **фермионам**.

Считается, что во всей Вселенной есть только два типа названных фундаментальных частиц. Каждая такая частица, в дополнение к обычным, известным нам свойствам, вроде массы и электрического заряда, обладает присущим ей количеством углового момента, определяемого, как спин.

Частицы с полуцелыми спинами ($\pm 1/2, \pm 3/2, \pm 5/2, \dots$) известны, как фермионы. Частицы с целыми спинами ($0, \pm 1, \pm 2, \dots$) являются бозонами. Других частиц, фундаментальных или составных, во Вселенной нет.

Примеры фермионов: кварки (они, как уже было упомянуто ранее, образуют протоны и нейтроны, которые, в свою очередь также являются фермионами); лептоны (электроны, мюоны, тау-лептоны, нейтрино), а также (квази)частицы – дырки в полупроводниках). Квантовая система, состоящая из нечётного числа фермионов, сама является фермионом. Например, ядро с нечётным массовым числом A (массовое число равно суммарному числу нуклонов в

ядре), а также атом или ион с нечётной суммой числа электронов и массового числа ядра (поскольку электроны также являются фермионами), то и общее количество фермионов в атоме/ионе равно сумме числа нуклонов в ядре и числа электронов в электронных оболочках.

К известным различиям между фермионами и протонами можно причислить следующие: только у фермионов есть копии среди античастиц. Античастица для кварка – антикварк. Античастица электрона – позитрон, а у нейтрино есть антинейтрино. Бозоны, с другой стороны, являются античастицами других бозонов, и множество бозонов является античастицей самими себе. Не существует такой вещи, как **антибозон**. Невозможно столкнуть фотон с анти-фотоном. Это не то же самое, с точки зрения взаимодействия материи и антиматерии, что и аннигиляция электрона и позитрона.

А вообще, существуют ли антифотоны в природе? Тем не менее, в узких кругах экспертного сообщества широко обсуждается тема существования экзотического антифотона. Доводами в пользу существования такового приводятся мнения, что антифотона не может не быть, иначе, де, нарушится симметрия мира [150]. Справедливы ли такие умозаключения? Вероятнее всего – нет. Этот ложный посыл основан на ложном понимании симметрии.

Авторами вышеупомянутой работы была также высказана следующая гипотеза: у любой частицы, в том числе и у фотона, существует античастица, и они имеют разные по величине, но противоположные по знаку, так называемые гравитационные заряды. Следовательно, различие в поведении фотонов и антифотонов может проявляться лишь в гравитационном поле.

В практически же достижимых условиях экспериментального создания гравитационного поля это различие является столь малым, что оно с большей вероятностью может «ускользнуть» от наблюдателей, и не являться свидетельством в пользу существования антифотона.

Таким образом, мы приходим к пониманию того обстоятельства, что в наблюдаемой нами части Вселенной существенных скоплений антивещества не обнаружено, и, скорее всего, не существует.

Однако ведутся споры о том, состоит ли Вселенная почти исключительно из вещества, и существуют ли другие места, в ненаблюдаемой ее области, заполненные, наоборот, практически полностью антивеществом. Асимметрия вещества и антивещества во Вселенной является одной из самых больших нерешенных задач физики. К сожалению, этот факт не может быть объяснён ни с позиций Стандартной модели, ни в рамках общей теории относительности.

II.1. Краткая характеристика существующих моделей атомного ядра.

Как было упомянуто выше, применительно к строению атомных ядер в разные периоды было разработано несколько теорий, в каждой из которых была предпринята попытка своеобразного описания частных свойств ядер и их проявлений.

Однако, как оказалось, не одна из предложенных моделей атомных ядер, базирующихся на этих теоретических воззрениях, не описывает реальную совокупность свойства ядер и их конструкции [151].

Модели атомных ядер, в этих теориях, являются приближенными, описывающими лишь некоторые их свойства с использованием подобранных произвольных параметров, согласующихся с экспериментальными данными.

Принимая во внимание вполне убедительную, с точки зрения единства законов формирования структурных конструкций микро- и макромиров, концепцию, есть основания утверждать, что существующие модели не имеют ничего общего с реальным строением атомных ядер. Это утверждение полностью описывает необходимость создания новой, более реальной модели атомных ядер.

Позволим себе привести перечень существующих ядерных моделей и их краткое описание без должного привлечения довольно сложного математического сопровождения:

Капельная модель ядра (Н. Бор - 1936). **Оболочечная модель ядра** (М. Гепперт-Маер, И.Х.Д. Йенсен -1950). **Коллективная модель ядра** (Дж. Рейнхотер, 1959, О. Бор и Б. Моттelson - 1952) **Обобщённая модель ядра** (О. Бор и Б. Моттelson - 1952). **Модели парных корреляций** (Н. Н. Боголюбов, О. Бор, Б. Моттelson, Д.Пайнс – 1958). **Статистическая модель ядра** (Я. И. Френкель – 1936, Л. Л. Ландау – 1937). **Кластерная модель** (Дж. А.Уилер - 1937) **Оптическая модель ядра** (Г. Фишбах , Ц. Е . Портер , В.Ф. Вейс-копф - 1953).

Теперь несколько подробнее:

Капельная модель ядра – одна из самых ранних моделей строения атомного ядра, предложенная Нильсом Бором еще в 1936 году, правда, не выходя за рамки теории **составного ядра** [152].

Далее, концепция капельной модели, развитая Яковом Френкелем и, в дальнейшем, Джоном Уиллером, легла в основу впервые полученной Карлом фон Вайцеккером полуэмпирической формулы для энергии связи ядра атома, названной в его честь **формулой Вайцеккера** [153].

Согласно капельной теории, атомное ядро представлялось в виде сферической равномерно заряженной капли из **особой ядерной материи**, которая, обладая такими свойствами, как не сжимаемость, «испарение» нуклонов (нейтронов и протонов), напоминает **жидкость**.

В связи с этим на такое ядро-каплю можно распространить некоторые другие свойства капли жидкости, например, поверхностное натяжение, дробление капли на более мелкие сферические частицы (деление ядер), слияние мелких капель в одну большую (синтез ядер) и т.п.

Учитывая эти общие для жидкости и ядерной материи свойства, а также специфические свойства последней, связанные с наличием электрического заряда, можно вывести полуэмпирическую формулу (формулу Вайцеккера), позволяющую вычислить энергию связи ядра, а значит и его массу, если известен его нуклонный состав (общее число нуклонов (A) (массовое число) и количество протонов (Z) (зарядовое число) в ядре.

Из предположения, что все нуклоны ядра равноценны и каждый взаимодействует только с близлежащими частицами (как молекулы в капле жидкости), следует, что **энергия связи** между нуклонами (E_C) должна быть пропорциональна полному числу нуклонов (A).

Таким образом, в первом приближении, имеем:

$$E_C = \alpha A \quad (\text{II.4})$$

где α – коэффициент пропорциональности.

То, что плотность ядерного вещества ядер всех известных атомов элементов постоянна, говорит о его **не сжимаемости**. Это свойство сближает ядерное вещество с жидкостью.

О такой аналогии свидетельствует также отмеченная выше пропорциональность $\Delta E \sim A$, которую можно сравнить с линейной зависимостью энергии испарения жидкости от её массы.

Однако такое чрезвычайно упрощённое представление требует нескольких существенных поправок. Первая поправка связана с эффектом «поверхностного натяжения» **ядра-капли**.

Так как у нуклонов, находящихся на поверхности ядра, непосредственных соседей меньше, чем у нуклонов, расположенных внутри него, следовательно, «поверхностные» нуклоны будут связаны со своими соседями слабее (испарение молекул капли жидкости имеет начало с её поверхности). Таким образом, «поверхностные» нуклоны внесут меньший вклад в полную энергию связи.

Полагая, что общее число «поверхностных» нуклонов пропорционально площади поверхности ядра, то есть, его радиусу в квадрате (R^2), а также, $R = r_0 \cdot A^{1/3}$ и $R^2 = r_0 \cdot A^{2/3}$, то формула Вайцеккера примет вид:

$$E_C = \alpha A - \beta A^{2/3} \quad (\text{II.5})$$

Здесь $r_0 = 10^{-15}$ м.

С учетом других, вводимых поправок, таких, как поправка на **кулоновское отталкивание**, поправка на **протон-нейтронную асимметрию**, влияние **чётности (Z)** и **(A – Z)** на устойчивость ядер, в своем завершённом виде полуэмпирическая формула Вайцеккера может быть представлена как [154]:

$$E_C = \alpha A - \beta A^{2/3} - \gamma \frac{Z^2}{A^{1/3}} - \epsilon \frac{(A-Z)^2}{A} + \delta \quad (\text{II.6})$$

Из сопоставления экспериментальных и расчетных данных, для ядер с четным числом нуклонов (A), коэффициент $\delta = \chi A^{-3/4}$.

Первое слагаемое в уравнении (II.6), относится к энергии связи ядра, подобного жидкой капле, оно пропорционально массовому числу A и описывает примерное постоянство удельной энергии связи ядер.

Второе слагаемое – поверхностная энергия ядра, которая уменьшает полную энергию связи, так как нуклоны, находящиеся на поверхности, имеют меньше связей, чем частицы внутри ядра. Это аналог поверхностного натяжения в жидкостях.

Третье слагаемое в энергии связи обусловлено кулоновским взаимодействием протонов.

В капельной модели предполагается, что электрический заряд протонов равномерно распределен внутри сферы радиуса $R = r_0 \cdot A^{1/3}$.

Четвертое слагаемое – энергия симметрии ядра (отражает тенденцию к стабильности ядер с $N = Z$).

Пятое слагаемое – энергия спаривания учитывает повышенную стабильность основных состояний ядер с четным числом протонов и/или нейтронов.

Приведенные в уравнении (5) коэффициенты получают при статистической обработке экспериментальных данных, причём их значения постоянно уточняются. Упомянутые коэффициенты имеют следующие значения в МэВ: $\alpha = 15,56$; $\beta = 17,23$; $\gamma = 0,71$; $\epsilon = 94,8$; $\chi = 12$.

Эта формула даёт довольно точные значения энергий связи и масс для очень многих ядер, что делает её достаточно универсальной.

Хотя гидродинамическая (капельная) модель позволила получить полуэмпирическую формулу для энергии связи нуклонов в ядре, и качественно объяснила причины деления ядер и его механизм, тем не менее, она не смогла объяснить повышенную **устойчивость** ядер, содержащих так называемые «магические числа» протонов и нейтронов (атомные ядра, содержащие «магическое» число протонов и/или нейтронов, отличаются бóльшей энергией связи, а потому и бóльшей стабильностью, чем их ближайшие соседи).

Несмотря на наличие столь большого числа «подгоночных» коэффициентов в полуэмпирической формуле Вайцзеккера, последняя дает существенные расхождения с экспериментом, особенно для легких ядер. Также капельная модель оказалась непригодной для количественного описания спектров энергий возбужденных состояний ядер.

Вполне вероятно, что данное расхождение связано с **несовместимостью** капельной модели ядер (с позиций физики сплошных сред) с гипотезой о протон-нейтронной составной структуре ядра.

Казалось вполне допустимым, что наблюдаемая повышенная стабильность атомных ядер, содержащих упомянутое «магическое» число протонов и нейтронов, была связана с наличием предполагаемой **оболочечной** структуры, аналогично орбитальному электронному строению атомов, характеризующихся высокой стабильностью при предельном заполнении электронами атомных орбиталей.

Эта гипотеза оболочечной структуры атомных ядер была предложена в 1932 году совместно советским физиком-теоретиком Дмитрием Иваненко и химиком Евгением Гапоном, а в 1949 году дополнена лауреатом Нобелевской премии по физике Марией Гёпперт-Майер и немецким физиком Хансом Йенсенем [155].

Оболочечная модель ядер атомов

Модель оболочек является в настоящее время наиболее развитой и успешной из ядерных моделей. С ее помощью удастся понять, почему для некоторых ядер удельные энергии связи и, особенно, энергии отделения нуклонов превышают те же величины для ядер с близкими значениями Z и A . Ядра, для которых этот эффект проявляется особенно ярко – т.е. ядра, значительно более устойчивые, чем их “соседи”, – называются, как было упомянуто выше, **магическими ядрами**. У этих ядер числа протонов Z либо числа нейтронов $N = A - Z$ равны одному из следующих чисел: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126 - т.н. **магическим**.

Оболочечная модель базировалась на теории оболочечного строения ядер атомов, объясняющих структуру ядра, аналогично теории **оболочечного строения атома**.

В рамках этой модели протоны и нейтроны заполняют оболочки атомного ядра, и, как только оболочка заполнена определенным количеством нуклонов, значительно повышается стабильность ядра [156].

Оболочечная модель согласуется с эмпирическим правилом повышения устойчивости ядер, содержащих четное число протонов и нейтронов. Менее стабильны ядра с нечетным числом протонов, но четным числом нейтронов (и наоборот).

Неустойчивыми являются ядра, в которых число протонов и нейтронов нечетное. Последняя закономерность хорошо иллюстрируется распределением естественных известных 273-х природных изотопов по правилу четности.

Следует отметить, что оболочечная структура у ядер проявляется значительно слабее, чем орбитальная электронная структура в атомах.

Согласно существующей **противоречивой** гипотезе, происходит это главным образом потому, что в ядрах, из-за индивидуальных квантовых состояний частиц, «орбиты» возмущаются в результате «столкновений» их друг с другом гораздо сильнее, чем в атомах.

Более того, известно, что большое число ядерных состояний совсем не похоже на совокупность «движущихся» в ядре независимо друг от друга нуклонов, то есть **не может быть объяснено** в рамках оболочечной модели.

В этой связи в **сомнительную**, с нашей точки зрения, оболочечную модель, совершенно **не оправдано** вводится понятие **квазичастиц** – элементарных возбуждений среды, эффективно ведущих себя во многих отношениях подобно реальным частицам.

При этом атомное ядро рассматривается как ферми-жидкость конечных размеров. А ядро в основном состоянии рассматривается как вырожденный ферми-газ квазичастиц, которые эффективно не взаимодействуют друг с другом, поскольку всякий акт столкновения, изменяющий индивидуальные состояния квазичастиц, запрещён принципом Паули [157].

В возбуждённом состоянии ядра, когда одна или две квазичастицы находятся на более высоких индивидуальных энергетических уровнях, то эти частицы, освободив орбиты, занимаемые ими ранее внутри ферми-сферы (поверхность сферы Ферми – изоэнергетическая поверхность, разделяющая заполнен-

ные состояния от пустых при абсолютном нуле температуры), могут взаимодействовать как друг с другом, так и с образовавшейся вакансией в оболочке нижнего энергетического уровня.

В результате взаимодействия с внешней квазичастицей может происходить переход квазичастиц из заполненных состояний в незаполненное, вследствие чего старая вакансия исчезает, а новая появляется; это эквивалентно переходу вакансий из одного состояния в другое.

Оболочечная модель строения ядра атома позволяет конструировать ядра атомов новых элементов.

Например, долгое время считали, что ядра атомов с параметром $Z < 93$ (числом протонов) получить в относительно устойчивом состоянии невозможно вследствие крайне малого времени жизни, а ядра атомов с параметром $Z > 100$ вообще нельзя получить в весовых количествах.

Однако, основываясь на теоретических расчетах с привлечением положений оболочечной модели, выявили и экспериментально получили достаточно устойчивые ядра атомов с параметром $Z < 104$ в количествах, с которыми можно работать в лабораторных условиях или использовать в ядерной технологии. Полагают, что повышенной устойчивостью, предположительно, должны обладать ядра атомов элементов с параметрами $Z=114; 126; 184$.

Таким образом, согласно оболочечной модели, основывающейся на теории квантовой ферми-жидкости, спектр нижних возбужденных состояний ядер определяется движением одной или двух квазичастиц вне ферми-сферы и взаимодействием их друг с другом, а также с вакансиями внутри ферми-сферы.

Этим самым объяснение структуры много-нуклонного ядра при небольших энергиях возбуждения фактически сводится к квантовой проблеме двух – четырех взаимодействующих объектов: квазичастица – вакансия или две квазичастицы – две вакансии.

Трудность применимости оболочечной теории и связанной с ней модели атомных ядер состоит, однако, в том, что взаимодействие квазичастиц и вакансий весьма многочисленно, и, потому, нет уверенности в отсутствии появления низкоэнергетического возбужденного состояния, обусловленного большим числом квазичастиц вне поверхности сферы Ферми.

Коллективная модель ядра. Предложена в 1952 году лауреатами Нобелевской премии по физике – датским физиком Оге Бором и американско-датским физиком Б. Моттельсоном. Коллективная модель возникла на основе упомянутой выше капельной модели [158].

Она рассматривает ядро как остов, образованный нуклонами заполненных оболочек и внешних нуклонов, движущихся в поле, создаваемом нуклонами остова. Модель объяснила природу низколежащих возбуждений ядер, которые интерпретируются как динамическая деформация поверхности, и, таким образом, она «примирила» исключают друг друга исходные положения гидродинамической и оболочечной моделей.

Коллективная модель предполагает, что ядро состоит из внутренней устойчивой части – остова, образованного нуклонами заполненных оболочек, и внешних нуклонов, движущихся в поле, создаваемом нуклонами остова. Остов может изменять свою форму под влиянием наружных нуклонов, и совершать колебательные движения.

Это движение описывается гидродинамической моделью. Внешние же нуклоны движутся в поле остова, которое изменяется за счёт взаимодействия с этими внешними нуклонами.

Названные факты свидетельствуют о существовании **коллективных степеней свободы ядер**. Так, при малых энергиях возбуждения ($E_{\text{возб}} < 4\text{МэВ}$) у многих ядер наблюдаются последовательности уровней, которые могут быть интерпретированы либо как уровни энергии, отвечающие гармоническим колебаниям ядерной поверхности, либо как вращательные полосы энергии, возникающие из-за вращения деформированного ядра как целого.

Коллективная природа этих уровней подтверждается интенсивными квадрупольными электромагнитными переходами между ними, и большим квадрупольным моментом у ядер, имеющих постоянную деформацию.

При более высоких энергиях возбуждения, выше порога отделения нуклона, существуют коллективные уровни ядер, которые наблюдаются в сечениях ядерных реакций в виде широких пиков и называются **гигантскими мультипольными резонансами** [159].

Наиболее мощным из них является гигантский дипольный резонанс, рассматриваемый в рамках модели пятимерного гармонического осциллятора, как поверхностные колебания сферически-симметричных чётно-нечётных ядер. Эти колебания подобны **колебаниям поверхности жидкой капли**.

Если амплитуда колебаний невелика, то они относятся к гармоническим.

В результате, модель аксиально-симметричного ротатора поясняет, как образуются вращательные уровни энергии в чётно-нечётных ядрах, имеющих фиксированную форму сфероида вращения [160].

Таким образом гидродинамическая (капельная) модель, в рамках коллективной модели, описывает гигантские резонансы, обусловленные колебаниями нейтронов относительно протонов.

Обобщённая модель ядра.

Модель была предложена упомянутыми выше авторами коллективной модели – Оге Бором и Б. Моттельсоном. Модель рассматривает каждую заполненную оболочку как остов [161].

В поле такой оболочки вращается дополнительный нуклон. Остов оболочки ядра деформируется валентным нуклоном, что приводит к появлению квадрупольного электрического момента ядра.

Создание обобщённой модели ядра связано с тем, что некоторые экспериментальные данные не могли быть объяснены в рамках оболочечной модели, успешной во многих других отношениях. В частности, не находили объяснения большие значения электрических квадрупольных моментов ядер и некоторые особенности структуры возбужденных состояний ядер.

Обобщенная модель используется для описания деформированных атомных ядер, которые могут быть вытянутыми или сплюснутыми относительно оси симметрии ядра.

Для описания более высоких возбуждений (выше энергии отделения нуклона), для которых характерны большая густота уровней и сложная структура большинства состояний, используется **статистическая модель ядра** [162,163].

Эта модель оперирует обычными понятиями статистической физики: температурой, плотностью уровней, энтропией, флуктуациями и т. п., которые, собственно, и используются при описании ядерных реакций.

Обобщенная модель объяснила большие квадрупольные моменты (величины, характеризующие отклонение распределения электрического заряда в атомном ядре от сферически симметричного) некоторых ядер тем, что внешние нуклоны таких ядер сильно деформируют остов, он становится не сферическим, а вытянутым или сплюснутым эллипсоидом.

Деформированное ядро может вращаться (вокруг оси перпендикулярной оси деформации), что объясняет наблюдаемые на опыте вращательные уровни возмущенного ядра.

В обобщенной модели полный спин ядра складывается из моментов количества движения внешних нуклонов и момента количества движения деформированного остова.

Колебанию остова соответствуют уровни, которые обнаруживаются на опыте.

Обобщенная модель позволила ввести понятие одно-частичных (связанных с возбуждением наружных нуклонов) и коллективных (вращательных и колебательных, связанных с возбуждением остова) уровней ядра, определить энергии уровней, спин, чётность.

Обобщенная модель столкнулась с трудностями в объяснении опытных данных, особенно в тех ядрах, в которых вне остова движется большое число нуклонов.

Естественный путь улучшения обобщенной модели – учёт подобного динамического взаимодействия нуклонов с остовом ядра.

Это взаимодействие существенно отличается от взаимодействия пары свободных нуклонов и называется остаточным взаимодействием: действует лишь часть нуклон-нуклонных сил, “оставшаяся” после выделения самосогласованного поля.

Остаточное взаимодействие приводит к тому, что внешние нуклоны движутся в поле остова уже не независимо, а коррелировано.

Модели парных корреляций.

Модификации оболочечной модели называют моделями парных корреляций, наиболее известная – сверхтекучая модель ядра. (Н. Н. Боголюбов, О. Бор, Бен Рой Моттelson, Дэвид Пайнс – 1958), согласно которой взаимодействия в парах протон – нейтрон влияют на структуру и свойства самих ядер [164].

В основе этой модели лежит предположение о том, что пары протонов и нейтронов с равными и противоположными направленными моментами количества движения образуют в ядре состояния, типа связанного.

Чтобы разорвать эту парную связь нужно затратить энергию 1-2 МэВ. Поэтому энергия возбуждения чётно-чётных ядер, в которых все нуклоны образуют связанные пары, должна составлять 2 МэВ, тогда как соседние нечётные ядра должны иметь энергию возбуждения примерно в 10 раз меньшую (150-200 КэВ), что действительно наблюдается на опыте.

С помощью моделей парных корреляций удаётся хорошо описывать спины и квадрупольные моменты основных состояний ядер, а также энергии, спины, квадрупольные моменты и вероятности переходов, возбужденных одно-нуклонных и коллективных (вращательных и колебательных) состояний в ядрах вплоть до энергий 3-6 МэВ.

Обсуждаемые модели хорошо описывают плотность уровней, свойства нейтронных резонансов и позволяют рассчитывать равновесные деформации ядер как в основном, так и в возбужденном состоянии.

Статистическая модель ядра (предложена советскими физиками Яковом Ильичем Френкелем в 1936г, и Львом Давидовичем Ландау в 1937г) [165]. При более высокой энергии возбуждения (6-7 МэВ) число уровней в средних и тяжелых ядрах очень велико, а, следовательно, расстояние между уровнями мало.

Зависимость плотности уровней энергии описывается методами статистической физики. При этом возбуждение ядра рассматривалось, как нагрев Ферми-жидкости, совокупных нуклонов. Модель применима для описания распределения уровней энергии и распределения вероятности излучения квантов при переходе между высоко лежащими возбужденными состояниями ядра, она позволяет учесть поправки, связанные, также, с наличием оболочек в ядре.

Однако, установить при этих условиях квантовые характеристики каждого отдельного уровня практически невозможно.

В связи с этим целесообразно ввести понятие плотность уровней с данным спином, изо-спином и т. д., т. е. число уровней с данными характеристиками, приходящихся на единичный интервал энергии [166].

Зависимость плотности уровней энергии описывается с помощью статической (термодинамической) модели ядра, которая рассматривает возбуждение как нагрев ферми-газа (точнее, ферми-жидкости) нуклонов, связывая энергию возбуждения с температурой нагрева ядра [167].

Эта модель неплохо описывает не только распределение уровней, но и распределение вероятностей излучения – квантов при переходе между высоко лежащими возбужденными состояниями ядра атома. Статистическая модель ядра позволяет также учесть поправки, связанные с предполагаемым наличием в ядре оболочек.

Кластерная модель является моделью нуклонных ассоциаций, в которой используется представление о специфической кластерной (блочной) структуре атомного ядра [168].

Эта модель возникла во 2-й половине 30-х гг., когда были систематизированы данные об энергиях связи лёгких ядер и была обнаружена повышенная устойчивость к α -распаду ядер, имеющих равное и чётное число нейтронов и протонов. К их числу относятся ${}^8\text{Be}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{16}\text{O}$ и т. д.

Было, установлено, что многие возбуждённые состояния ядер с большой вероятностью распадаются с испусканием α -частиц.

Американский физик-теоретик Дж. А. Уилер в 1937г. предположил, что "α-частичное" ядро состоит из α-частичных кластеров (в простейшем варианте, собственно – α-частиц).

Например, считается, что ядро ${}^6\text{Li}$ значительную часть времени «проводит» в виде дейтрона и α-частицы, вращающихся относительно центра тяжести ядра. Эффекты α-частичных корреляций проявляются систематически лишь в ядрах с числом нуклонов (A) < 40.

В более тяжёлых ядрах имеются лишь отдельные и незначительные проявления этих эффектов. В лёгких ядрах возможно образование и других кластеров. Так, в некоторых случаях ядро ${}^6\text{Li}$ можно рассматривать как двух-частичную систему: α-частица + дейтрон ($\alpha + d$), хотя большую точность имеет описание этого ядра как системы: α-частица + нейтрон + протон ($\alpha + n + p$).

Оптическая модель была сформулирована американскими физиками-теоретиками Виктором Вайскопфом и Германом Фешбахом в 1950 – 1954 гг. [169].

Оптическая модель ядра – это модель, рассматривающая атомное ядро или отдельный нуклон как сплошную среду, преломляющую и поглощающую дебройлевские волны, т.е. волны, связанные с движением налетающих на ядро частиц.

В 1958 – 1960 гг. был опубликован ряд экспериментальных и теоретических исследований, результаты которых оказались, на первый взгляд, совершенно фантастическими. Мы имеем в виду эксперименты по упругому рассеянию на ядрах сложных частиц – дейтронов, α-частиц, ядер N^{14} , O^{16} и др.

Благодаря прогрессу экспериментальной техники в этих опытах удалось получить детальные картины угловых распределений рассеянных частиц и, в частности, дифференциальные сечения рассеяния на большие углы.

Сравнение полученных результатов с теорией показало, что рассеяние указанных сложных частиц хорошо описывается оптической моделью и притом примерно с теми же параметрами, что и для нуклонов. Иными словами, оказывается, что ядра почти столь же «прозрачны» для сложных частиц, как и для нуклонов.

Этот замечательный факт, если он будет подтвержден дальнейшими исследованиями, имеет большое значение для понимания динамики ядерных реакций, в частности реакций так называемого прямого типа, идущих без предварительной стадии образования составного ядра.

Как и в случае с преломлением светового луча, описываемом в геометрической оптике, роль коэффициента преломления при ядерном взаимодействии

играет потенциальная энергия взаимодействия кванта волны с полем ядра. В данном случае, коэффициент преломления рассматривается как комплексная величина, действительная величина которой определяет рассеяние, а мнимая - поглощение.

Действительная часть коэффициента преломления имеет тот же смысл, что и потенциал среднего поля в оболочечной модели, а его мнимая часть описывает "поглощение" нуклона ядром, т. е. процессы превращения одно-частичного состояния в состояния более сложной природы.

По аналогии с рассеянием нуклонов оптическая модель применяется и для описания упругого рассеяния на ядрах более сложных частиц (дейтроны, ядра ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$, α -частицы). Однако, в этом случае точность описания дифференциальных сечений рассеяния хуже, чем в случае нуклонов. Оптическая модель описывает прямые ядерные реакции, происходящие с характерными ядерными временами $\sim 10^{-22} - 10^{-23}$ с. Противоположный случай описывается моделью **составного ядра**, которая тесно связана со статистической моделью [170].

Оптическая модель удобна тем, что, например, задача рассмотрения взаимодействия налетающего нейтрона сводится к простой задаче рассеяния и поглощения нейтрона **одним силовым центром**, вместо намного более сложной задачи многих тел, представленной в других моделях ядра. Оптическая модель ядра, используемая для описания упругого рассеяния нуклонов на ядрах, может рассматриваться как распространение оболочечной модели на состояния непрерывного спектра. Фазы рассеяния находятся решением уравнения Шрёдингера для частицы в так называемом комплексном ("оптическом") потенциале.

Более подробное, и исчерпывающее описание оптической модели ядра, в свете современных данных, полученных в течении последних нескольких лет, представлено в публикации Шапиро И.С. [171].

Резюмируя данный раздел, отметим, что приведенные выше описания ядерных моделей свидетельствуют о значительной степени **абстракции** и допущений имевших место при теоретическом обобщении опытных данных [172].

Последовательное же объяснение наиболее важных свойств ядер на прочной основе общих физических принципов и данных о взаимодействии нуклонов остаётся пока одной из нерешенных фундаментальных проблем современной физики. Вполне вероятно, что не завершенные и противоречивые теоретические обобщения результатов экспериментов по расщеплению ядер атомов возникли из-за попыток объединить **несовместимые представления** о гидродинамической (**капельной**) и составной модели.

II.2. Сплошная или составная модель атомных ядер?

Казалось бы, капельная модель дает исчерпывающее представление о природе ядер атомов, как **структурно однородных образований** в рамках собственной масштабной иерархии, но состоящих, по аналогии с атомно-молекулярным строением жидкостей, из **структурных элементов** более низшего (на несколько десятков порядков) масштабного уровня.

Естественно предположить, что для обнаружения и раскрытия природы упомянутых структурных элементов атомных ядер, энергетические возможности даже самых мощных современных ускорителей и технические возможности регистрации такого типа продуктов распада ядер не достаточны, и вряд ли когда-либо будут достигнуты.

Таким образом попытка идентифицировать **«истинное строение»** ядер атомов по продуктам распада при бомбардировке частицами масштабного уровня сопоставимого с масштабным уровнем «мишеней», имеет **непреодолимые препятствия**, и, в итоге, сводится к **безальтернативному суждению** о их составных частях – доступных для идентификации «элементарных» частицах – нуклонах (**протоны + нейтроны**), а также относительно меньших, но того же размерного масштаба «осколках». Иными словами, срабатывает подсознательный принцип: **«на что раскололось – из того и состоит»**.

Логика таких суждений довольно ясна, так как «заглянуть» во внутрь ядер атомов, без их разрушения, невозможно, а представить конструкцию ядра, например, в виде агломерата, состоящего из определенного числа фрагментов-осколков – вполне допустимо и находится в качественном соответствии со **составной** моделью ядра.

Так, в 1938 году немецкие физики Отто Хан и Фриц Штрассман открыли ранее не предсказанное явление, происходящее с ядром урана при облучении его нейтронами [173].

Эти учёные решили проверить необъяснимые результаты опытов, которые осуществили в Париже Ирен Кюри и Павел Савич. После облучения урана медленными нейтронами немецкие физики выделили радиоактивный продукт, который выпал в осадок при химической реакции на барий. Сначала они предположили, что выделенный элемент – изотоп радия, химически родственного барию, однако дальнейшие исследования привели их к заключению, что выделенный продукт является барием, а не более тяжёлым элементом с аналогичными свойствами.

Захватывая свободный нейтрон, ядро изотопа урана ^{235}U делится, и при этом выделяется (в расчёте на одно ядро урана) достаточно большая энергия, в основном в виде кинетической энергии осколков и излучения (рис.П.4).

Данное открытие явилось истоком как мирного, так и военного использования внутриатомной энергии.

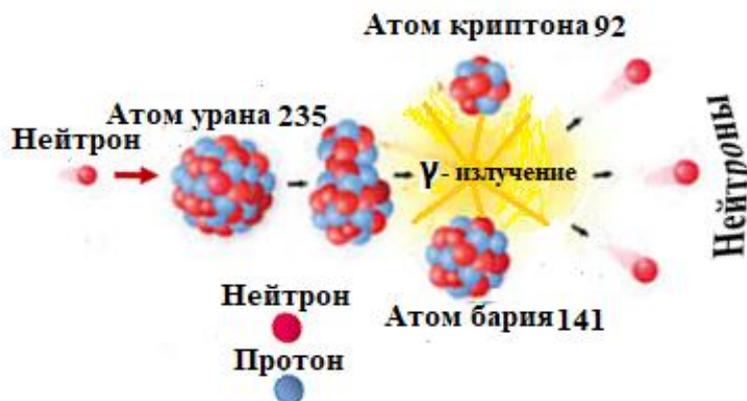


Рис. П.4. Схема деления изотопа урана 235. Средняя энергия, выделяющаяся при распаде одного ядра урана-235 с учётом распада осколков, составляет приблизительно $202,5 \text{ МэВ} = 3,244 \cdot 10^{-11} \text{ Дж}$, или $19,54 \text{ ТДж/моль} = 83,14 \text{ ТДж/кг}$.

Оценивая метод деления (разбиения) тяжелых ядер на «осколки» при их облучении частицами высоких энергий, как метод обнаружения структурных особенностей строения атомного ядра, правомерно задать вопрос: являются ли образующиеся в том виде «осколки», при распаде тяжелых ядер собственно структурной составляющей этих ядер?

Может быть немного примитивным, но наглядным примером распада составной, сложной конструкции на отдельные части, является разбиение построенной из соединенных фрагментов-пазлов модели Земли – глобуса (рис. П.5.А.).



Рис. П.5. Аллегорическое сравнение процесса распада ядер атомов при ударе разогнанными частицами с распадом пазла-глобуса на составляющие фрагменты при ударе молотком (А) и разбиения механических часов с вылетом наружу деталей механизма (В).

Чем сильнее удар – тем большее число фрагментов «вылетит» из составленного из отдельных пазлов глобуса.

Еще один наглядный пример по идентификации частей невидимого механизма механических часов путем разбиения их корпуса и вылета при этом

наружу всевозможных шестерёнок и прочих деталей – составных частей ранее целого механизма (рис. П.5.В.).

Аналогично, чем мощнее удар, тем большее число деталей механизма вылетит наружу, следовательно, больше сведений можно получить о природе самого механизма. Однако, даже если буквально все детали будут выбиты из корпуса часов, возникает новая проблема: каким образом эти детали связаны между собой в функционирующих часах.

Хорошо, если детали – составные части целостной конструкции имеют, с точки зрения функционального предназначения, структурную завершенность.

В данном случае стоит подобрать определенную силу удара по конструкции, достаточную, чтобы она распалась на все до одного составные структурные элементы. Далее, с использованием соответствующего инструментария охарактеризовать эти элементы и функциональной связи между ними.

Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что исследуемая совокупная конструкция состоит из составных элементов с установленными характеристиками.

А как быть с монолитными, слитными образованиями, не имеющими четкого пространственного разграничения между составными элементами с сформированной завершенной структурой? Тем более, что традиционно механизм деления ядер рассматривается в рамках **капельной модели ядра!**

Физически аналогичную ситуацию можно получить и в доступном для непосредственного наблюдения эксперименте, если поместить большую каплю воды на горячую горизонтальную поверхность.

Этот эксперимент часто демонстрируют для иллюстрации механизма деления ядер в рамках их капельной модели [174].

Если поверхность достаточно горячая, то под действием поглощенной энергии, возникают вибрационные колебания исходной сферической формы капли. При этом, капля разделится на некоторое число капель меньшего объема, которые будут «плавать» на изолирующем слое пара, поддерживающем их над нагретой поверхностью в свободном состоянии.

Такое колебательное движение представляет собой состояние динамического равновесия между инерционным движением вещества капли и поверхностным натяжением, которое стремится поддерживать сферически симметричную форму капли.

В случае, когда приобретенная энергия теплового движения капель (E_T) превысит «противоборствующую» ей энергию поверхностного натяжения

($E_{пн}$), то капли, параллельно, примут шарообразную (1,3,4) и эллипсоидальную (2) форму мелкодисперсных «осколков» (рис. П.6).



Рис. П.6. Капли воды на поверхности раскаленной электрической плиты.

Если силы поверхностного натяжения достаточно велики, то процесс вытягивания капли прекратится раньше, чем капля разделится. Если же кинетическая энергия инерционного движения вещества капли окажется большой, то капля может принять гантелеобразную форму, и при своём дальнейшем движении разделиться на две части.

Правда, в микромире, как нас стараются убедить, всё устроено по-другому.

Так, в случае деления ядра допускается, что процесс происходит аналогично разбиению капли жидкости, но только к нему добавляется электростатическое отталкивание протонов, действующее как дополнительный фактор против ядерных сил, удерживающих нуклоны в ядре.

Если в результате «атаки» ускоренными частицами ядро находится в возбуждённом состоянии, то оно совершает колебательные движения, приводящие к отклонениям его формы от сферической. Максимальная деформация увеличивается с ростом энергии возбуждения и при некотором её значении может превысить критическое значение, что приведёт к разрыву исходной конструкции ядра и образованию двух или нескольких новых ядер.

Согласно капельной модели ядер, их колебательные движения также возможны под действием сил поверхностного натяжения (аналог ядерных сил в капельной модели ядра) и сил кулоновского взаимодействия.

Поведение элементарных частиц крайне непредсказуемое – вероятностное, оно зависит от случая, ситуации, не просчитываемой в каждом конкретном эксперименте. Например, при столкновении двух протонов в адронном коллайдере в абсолютно идентичных условиях, результат может быть совершенно разным, и нет никакой возможности его предсказать в каждом конкретном случае.

Специфичность описания явлений, происходящих в микромире, заключается прежде всего в невозможности напрямую, т.е. посредством органов чувств (главным образом, зрения) получить информацию о происходящих процессах.

Для описания явлений, происходящих в микромире, и повышения надежности измеряемых параметров, стало необходимым привлечение принципиально новых подходов и методов, опирающиеся на возможности экспериментальной техники.

По этой причине в физике микромира был введен такой фундаментальный принцип, как **принцип неопределённости**, предложенный, в 1927 г. немецким физиком-теоретиком, лауреат Нобелевской премии по физике Вернером Гейзенбергом [175].

Принцип неопределённости приводит к выводу о невозможности точно задать какой-либо параметр системы. Например, бессмысленно говорить о точном местоположении частицы в пространстве.

В этой связи необходимо заметить, что широко распространённое представление атома как совокупности электронов, вращающихся по заданным орбитам вокруг ядра, является данью человеческому восприятию окружающего мира, и необходимостью иметь перед собой какие-либо зрительные образы. В данном случае имеется в виду известная аналогия с планетарными системами макромира – структурными элементами Вселенной.

Наиболее близкое, по сути, аллегорическое сравнение процесса «бомбардировки» ядер атомов с разбиением капли ртути представлено на рис. II.7.

В данном случае результат разбиения большой капли ртути на более мелкие при ударе разогнанным твердым шариком можно интерпретировать двояко.

Например, подсчитав количество образовавшихся после распада крупной капли мелких капель соответствующего размера и придав каждой капле определенные свойства, из вышеупомянутого принципа, можно утверждать, что большая капля «сложена» из полученных «осколков» – мелких капель (рис. II.7А).

Количество и метрические характеристики образующихся при разбиении большой капли ртути мелких капель-осколков зависит от кинетической энергии налетающего шарика, т.е. чем больше значение его кинетической энергии, тем больше образуется мелко дисперсных капель-осколков и тем большее расстояние от большой капли-мишени они будут «пробегать».

Здесь напрашивается интересное сравнение с протяженностью треков, оставляемых элементарными частицами при «бомбардировке» атомов в ускорителях.

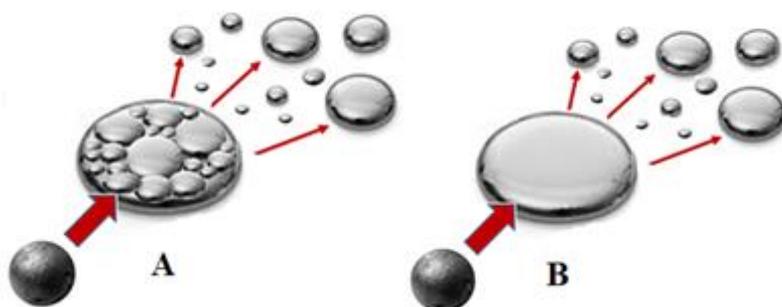


Рис. II.7. Иллюстрация ошибочной (А) и верной (В) интерпретации строения большой капли ртути по результатам разбиения на мелкие капли.

Другая, более реальная, с нашей точки зрения, интерпретация результата разбиения капли ртути, основанная на свойствах жидкостей, стремится к образованию тел с **меньшей геометрической поверхностью**, за счет сил поверхностного натяжения, дает основание утверждать, что большая капля не является сложным агломератом малых капель, а представляет собой **цельное монолитное образование** (рис. II.7 В).

Можно неоднократно повторять эксперимент по разбиению большой капли ртути, и если условия эксперимента (размер капли, температура окружающей среды, импульс налетающего шарика, его траектория и т.д.), будут максимально совпадать, то количество и дисперсность «капель-осколков» будут практически **идентичными**.

Приведем примерные расчеты результата ударного разбиения условной большой капли ртути на «осколки» (рис. II.8).

Сделаем следующие допущения:

1. Разбиваемая капля ртути имеет сферическую форму.
2. Отсутствуют какие-либо силы, действующие на каплю до ударного воздействия шарика (кроме силы поверхностного натяжения, обеспечивающей ее механическую стабильность)

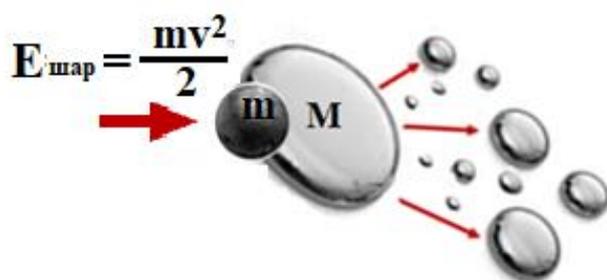


Рис. II.8. Иллюстрация ударного воздействия разогнанного до определенной скорости (v) свинцового шарика массой (m) на большую каплю ртути массой (M).

Определим исходные данные эксперимента: масса шарика ($m = 0,005\text{кг}$) масса разбиваемой капли ртути ($M = 0,03\text{ кг}$); плотность ртути $\rho = 13600\text{ кг/м}^3$.

Площадь поверхности капли ртути (S), объемом $V = 2,2 \cdot 10^{-6}\text{ м}^3$, составит при этом $818 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2$.

Поверхностная энергия Гиббса разбиваемой капли ($G_s = \sigma \cdot S$), где $\sigma = 0,475$ Дж/м² – поверхностное натяжение ртути; S – площадь поверхности капли. С учетом приведенных параметров капли ртути, поверхностная энергия Гиббса = $0,475 \text{ Дж/м}^2 \cdot 818 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 = 388,7 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$.

Согласно первому началу термодинамики, в результате удара шариком произойдет изменение внутренней энергии капли ртути:

$$(\Delta U \equiv Q + A) \quad (\text{II.7})$$

где: Q – количество теплоты, передаваемое капле ртути в результате ударного воздействия, A – работа, произведенная системой по разбиению капли на части.

Так как по условию эксперимента $m < M$, то кинетическая энергия шарика практически полностью перейдет во внутреннюю энергию капли ртути (U).

Допустим, что образовавшееся за счет удара шариком приращение внутренней энергии капли будет преимущественно затрачено на совершение работы по ее разбиению на «осколки».

Тогда изменение внутренней энергии (ΔU), затраченное на совершение работы по разбиению капли ртути (A) будет определяться величиной кинетической энергии налетающего шарика. При этом нарушение механической устойчивости капли ртути будет определяться условием:

$$E_{\text{шар}} \geq G_s. \quad (\text{II.8})$$

Данное условие выполняется, если допустить, что масса налетающего со скоростью ($v = 0,5$ м/с) шарика равна ($m = 0,005$ кг).

Кинетическая энергия шарика ($E_{\text{шар}} = mv^2/2$) при ударе будет равна: $0,005 \text{ кг} \cdot (0,5 \text{ м/с})^2/2 = 0,000625 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} = 625 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$, что, согласно приведенному выше условию ($625 \cdot 10^{-6} \text{ Дж} > 388,7 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}$), приведет к нарушению механической устойчивости капли ртути (разбиению).

Теперь сравним значение этой энергии с энергией, необходимой для «разбиения» капли ртути на отдельные атомы, т.е. на превращение ртути в парообразное состояние.

В данном случае изменение внутренней энергии (уравнение II.6) капли ртути, массой M , за счет энергии поступающей извне, должно быть равно или превышать количество теплоты (Q), которое необходимо для перехода жидкой ртути в парообразное состояние: $Q = \lambda \cdot m$, где λ – удельная теплота парообразования ртути = 293300 Дж/кг.

Испарение капли ртути массой 0,03 кг, т.е. разбиение капли на отдельные атомы потребует энергию: $293300 \text{ Дж/кг} \cdot 0,03 \text{ кг} = 8,8 \cdot 10^3 \text{ Дж}$, что превышает

приведенное выше значение энергии, достигаемой при механическом разбиении большой капли ртути на «осколки» ($625 \cdot 10^{-6}$ Дж) в $22 \cdot 10^6$ раз.

Даже, если допустить, что скорость налетающего на каплю ртути шарика будет сопоставима со скоростью полета пули ($v = 500$ м/с), а также, что кинетическая энергия шарика полностью трансформируется в теплоту испарения, то и в этом случае энергия шарика будет \sim в 15 раз меньше энергии, необходимой для разбиения капли на отдельные атомы.

В то же время необходимое для испарения обозначенной капли ртути при температуре $356,7^{\circ}\text{C}$ вполне достижимо путем **термического воздействия**.

Как видно из приведенных расчётов, разбиение капли ртути на отдельные атомы путем **механического удара** – весьма проблематично, тем не менее это не дает основания утверждать, что большая капля «**сложена**» из полученных после удара «осколков», по своему размерному масштабу сопоставимых с каплей-мишенью (см. рис. П.7А).

Вполне вероятно, что также проблематично разбиение в ускорителях ядер атомов на составные структурные элементы («элементарные частицы»), размерный масштаб которых на несколько порядков отличался бы от собственного размерного масштаба ядер, хотя бы также, как размер атомов ртути (радиус атома ртути = $1,57 \cdot 10^{-10}$ м) отличается на семь порядков от размера ее в качестве атакуемой мишени ($r = 8,07 \cdot 10^{-3}$ м).

По всей видимости, по этой причине, а также находясь под влиянием результатов опытов Чедвика в сознание его современников и последователей внедрилось представление о «**составной**» структурообразующей модели атомных ядер [176].

Сам Нильс Бор на своей лекции в Москве, прочитанный в 1937 году в Большом зале Академии Наук СССР неожиданно для учёных объяснял эту составную модель без сложных теоретических рассуждений и вовсе без сопровождающих математических формул [177].

Итак, он продемонстрировал неглубокую деревянную тарелку, в которой находились разноцветные стальные шарики (рис. П.9).

Тарелка изображала ядро атома, а шарики – содержащиеся в нём протоны и нейтроны. По наклонному жёлобу в тарелку скатывался ещё один шарик, имитирующий влетающий в ядро нейтрон. Правда, в демонстрируемом Бором эксперименте не учитывалась вероятность первичного столкновения налетающего шара-битка с шариком «протоном» или «нейтроном» на тарелке, определяющая какой именно шар покинет ее пределы.

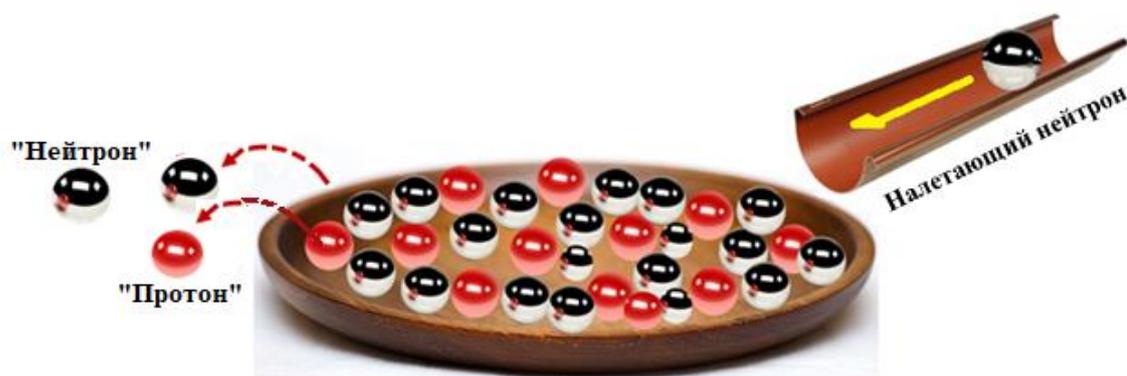


Рис. II.9. Иллюстрация эксперимента, продемонстрированного Нильсом Бором в 1937г.

Если бы в тарелке не было других шариков, то вкатившийся «нейтрон» свободно перекатился через другой край и вышел таким образом из «ядра».

Если же в тарелке находятся другие шарики – «нуклоны», то скатившийся шар ударяется о какой-либо из них, затем о другие, те в свою очередь сталкиваются между собой, и, таким образом, они приходят в движение. Но, как правило, если кинетическая энергия скатывающегося по желобу шарика – «нейтрона» относительно мала, то ни у одного из находящихся в тарелке шариков не становится достаточно кинетической энергии, чтобы перекатиться через противоположный край тарелки.

В данном случае «нейтрон», вошедший в «ядро», также не может выйти за его пределы, так как он отдал свою энергию другим шарикам-частицам, и она распределилась между ними.

Увеличивая на некоторую величину угол наклона желоба, можно достичь такого значения потенциальной, и как следствие этого, кинетической энергии шара, влетающего в тарелку с шариками – «нуклонами», которая будет достаточна для их вылета из тарелки – «ядра».

При этом, чем большим значением кинетической энергии будет обладать скатывающийся с желоба шар, тем большее количество шариков – «нуклонов» будет выбито из тарелки.

Таким образом кинетическая энергия скатывающегося с желоба шара представлялась противодействующей силе, удерживающей шарики – «нуклоны» в тарелке – «ядре». Как тут не обратиться к рисунку II.5. – чем сильнее удар по объекту – тем на большее количество осколков он разлетится.

Вероятно, результат проведенного Бором эксперимента настолько поразил внимание аудитории, что из числа присутствующих никто не удосужился задать вопрос, касающийся неадекватности модельного эксперимента с шариками – «нуклонами» реальному положению составных элементов ядер атомов.

Ошибочный вывод о сосуществовании протонов и нейтронов в ядрах атомов как первичных автономных частиц – нуклонов, формирующих структуру ядра, повлек за собой еще более ошибочный вывод о так называемом **сильном взаимодействии – ядерных силах**, удерживающих нуклоны в ядрах [178].

Как уже упоминалось, **сильное взаимодействие** – представляется самым мощным из всех известных в природе взаимодействий. Ядерные силы, действующие между нуклонами в атомном ядре, – проявление этого вида взаимодействия. Полагалось, что этот вид взаимодействия примерно в 100 раз сильнее межатомного и межмолекулярного взаимодействия, имеющего электромагнитную природу.

В отличие от последнего (а также гравитационного) оно, во-первых, короткодействующее. На расстоянии, большем 10^{-15} м (порядка размера ядра), соответствующие силы между **протонами и нейтронами**, резко уменьшаясь, перестают их связывать друг с другом. Во-вторых, на сегодняшний день сильное взаимодействие удастся удовлетворительно описать только посредством воображаемых трех зарядов (цветов) виртуальных частиц – **кварков**, образующих сложные комбинации в структуре нуклонов (см. рис. П.1.).

Характерной чертой сильного взаимодействия является его **зарядовая независимость**. Ядерные силы взаимодействия между протонами, между нейтронами и между протоном и нейтроном, по существу, **одинаковы**.

Отсюда следует, что с точки зрения сильных взаимодействий протон и нейтрон, находясь внутри ядра, **неотличимы** и для них используется единый термин **нуклон**, то есть частица ядра. Зарядовая независимость ядерных сил видна из сравнения энергий связи так называемых **зеркальных ядер**, в которых одинаково общее число нуклонов, но число протонов в одном равно числу нейтронов другом.

Например, ядра гелия и тяжелого водорода – трития.

Энергии связи этих ядер составляют 7,72 МэВ и 8,49 МэВ. Разность энергий связи ядер, равная 0,77 МэВ, соответствует энергии кулоновского отталкивания двух протонов в ядре.

Ядерные силы обладают **свойством насыщения**, которое проявляется в том, что нуклон в ядре взаимодействует лишь с ограниченным числом ближайших к нему соседних нуклонов.

Именно поэтому наблюдается линейная зависимость энергий связи ядер от их массовых чисел. Практически полное насыщение ядерных сил достигается у **α -частицы**, которая является очень устойчивым образованием.

Возможно, что насыщение ядерных сил, которое традиционно объясняется их близкодействием, является естественным следствием того, что связи образуются только лишь между отдельными парами протон-нейтрон ($p^+ - n^0$).

Существующий же подход утверждает другое положение, а именно: ядерные силы попарно действуют между **всеми** нуклонами, находящимися достаточно близко друг от друга, и, более того, ядерные силы одинаковы для любой пары нуклонов: ($p^+ - p^+$, $n^0 - n^0$ и $p^+ - n^0$). Это свойство, называемое, как упоминалось выше, зарядовой независимостью ядерных сил, считается «подтверждённым» на опыте.

Кратко остановимся на этом вопросе.

Убедительным свидетельством равенства ядерных сил в парах $p^+ - p^+$ и $n^0 - n^0$, считается сходство характеристик **зеркальных ядер** – число протонов в одном, из которых, равно числу нейтронов в другом, и наоборот.

Например, положение уровней энергии у ядер Li^7 и Be^7 схожи, а ведь «отличаются зеркальные ядра только тем, что все ($p^+ - p^+$)-связи заменены на ($n^0 - n^0$)-связи и наоборот, тогда как число ($p^+ - n^0$)-связей у них одинаково» [179]. Следует отметить, что такая логика основана на предварительном постулате о том, что ядерные силы в этих ядрах постоянно действуют между **каждой** парой нуклонов – а это, на наш взгляд, сомнительно.

Свидетельством же равенства ядерных сил, действующих между парами ($p^+ - p^+$) и ($p^+ - n^0$), считается равенство сечений рассеяния протонов на протонах и на нейтронах.

Но, при более детальном рассмотрении, сам факт рассеяния протонов в подобных экспериментах говорит о том, что их кинетическая энергия при взаимодействии с мишенями была больше той, при которой ещё могли бы «включиться» ядерные связи. И тогда результаты подобных экспериментов, полученные без участия ядерных сил, свидетельствуют всего лишь о том, что характерные пространственные размеры, соответствующие нуклонной несущей, у протона и нейтрона одинаковы.

Таким образом, принцип «зарядовой независимости» ядерных сил свидетельствует в пользу слитной, а не составной модели ядра. Более того: если бы принцип зарядовой независимости, как его представляют, был действительно справедлив, а протоны и нейтроны, в том виде, в котором они фигурируют в результате распада ядер, входили в их структуру, то составное ядро, хотя бы небольшое, можно было бы построить из одних протонов или нейтронов – но таких ядер в природе не существует.

К сожалению, при большом количестве добытого, в результате чрезмерных материальных затрат, экспериментального материала по физике атомного ядра, «универсальной ядерной модели» до сих пор не построено.

Приходится довольствоваться тем, что разработанная на данный момент конкретная модель удовлетворительно объясняет лишь некоторые свойства ядер. Поэтому неудивительно, что в ядерной физике используется множество самых разнообразных моделей, причём исходные посылки разных моделей зачастую противоречат друг другу» [180].

В результате сами принципы, по которым, как полагают, связаны нуклоны в ядре, выглядят весьма надуманно.

Так, до создания модели атомных ядер, основанной на положениях квантовой хромодинамики, считалось, что нуклоны удерживаются в ядре благодаря их обмену π -мезонами [181]. Из этого предположения вытекает, что если, при обмене частицами с ненулевой массой, выполняется закон сохранения импульса, то такой обмен может дать лишь силы отталкивания, но никак не силы притяжения.

Однако, несостоятельность представлений о данном обменном характере ядерных сил, как полагают теоретики, не слишком бросается в глаза, если принять, что π -мезоны, о которых идёт речь, являются **виртуальными**.

Но тогда возникает вопрос, каким образом виртуальные π -мезоны должны переносить от одних нуклонов к другим вполне реальные заряд, ток, импульс и момент импульса?

Механизм переноса элементарного, но реального заряда, носителем которого предполагается электрон, подразумевает, что имеет место **взаимное превращение протона и нейтрона** [182].

Реакция превращения нейтрона в протон достаточно широко известна, но освобождаемой в данном случае частицей с отрицательным зарядом является электрон, а не π -мезон, масса которого (~ 140 МэВ) на два порядка больше разности масс нейтрона и протона ($\sim 1,29$ МэВ).

Поэтому, для поддержания предположения о π -мезонах как переносчиках сильного взаимодействия, пришлось прибегнуть к спасительному принципу неопределённости, согласно которому закон сохранения энергии может, как бы, нарушаться на величину (ΔE), так как процесс взаимного превращения протона и нейтрона завершается в течение времени, не превышающего $\Delta t \sim \hbar/\Delta E$. [183].

Исходя из отмеченного несоответствия массы π -мезона разности масс нейтрона и протона, пришли к выводу о ограниченном времени жизни π -мезона

в ядре – порядка 10^{-23} с. Этого времени π -мезону едва хватало бы для преодоления «радиуса действия ядерных сил», даже двигаясь со скоростью света.

Построенная сплошь на теоретических натяжках, π -мезонная модель не давала удовлетворительных ответов даже на простейшие вопросы. Почему, по мере роста атомного номера, для устойчивости ядра требуется всё большее число избыточных нейтронов по сравнению с числом протонов? Отчего у чётно-чётных ядер энергия связи на нуклон систематически больше, чем у нечётно-нечётных? Как объяснить картину ядерных уровней энергии, которая разительно отличается от картины атомных уровней? И где в π -мезонной модели место для дефекта масс?

Ничего здесь не прояснила и квантовая хромодинамика, согласно которой происходит всё тот же обмен нуклонов виртуальными π -мезонами, но этот обмен является, якобы, рядовым частным следствием ещё более фундаментальных процессов. В последствии выдвинули гипотезу о составных частях нуклонов, т.н. **кварках**, имеющих дробный электрический заряд – при том, что сущность электрического заряда официальная физика **до сих пор не разъяснила**.

Как полагают, кварки в нуклоне связаны благодаря их обмену т.н. глюонами – тоже гипотетическими частицами, имеющими, как и кварки, целый набор произвольно введённых квантовых параметров, которые не имеют никаких физических моделей.

Сразу же возникла проблема **конфайнмента**, т.е. чудовищной энергии связи кварков в нуклоне, в связи с чем не удаётся «раздробить» нуклон на кварк-глюонные составляющие, воздействуя на него энергиями, даже на многие порядки превышающими его энергию покоя [184].

Приведенные результаты позволяют заключить, что теоретические трудности, возникшие при существующем подходе к выявлению природы ядерных сил, со временем не преодолеваются, а лишь нагромождаются новыми эфемерными гипотезами, чему способствовала изначальная некорректность представлений о составной (протон-нейтронной) модели ядер атомов.

Собственно говоря, попытки оправдать существование сильного взаимодействия и сводились к тому, чтобы объяснить преодоление препятствующих стабильности атомных ядер, сил взаимного «отталкивания» положительно заряженных **протонов**.

Известные же различия в свойствах «протонов» и «нейтронов», как частиц проявляются, по нашему мнению, не в самой структуре атомного ядра, а в момент нахождения вне ядра, т.е. после его расщепления.

Шокирующие сознание гипотезы о природе структурных элементов микромира, претендующие на уровень теорий, в современной физической науке пытаются распространить и на Вселенские масштабы Мироздания.

Согласно современным физическим теориям, материальный мир разделяется на две основные категории – **нормальное вещество и «темная материя»**.

Как вытекает из этих «теорий» Вселенная состоит всего лишь из 5% нормального вещества, проявление свойств которого подчиняется известным законам природы. Остальные 95% «темной» вещественной материи могут включать в себя доколе неизвестные частицы и подчиняться еще не открытым законам.

Полагают, что частицы «темной материи» являются носителями «темной энергии», представляющей собой гипотетический вид энергии, введённый в математическую модель Вселенной для объяснения, наблюдаемого её расширения с ускорением, иными словами силу, действующую в противовес гравитации и ответственную за «расширение» Вселенной [185].

Согласно некоторым, разработанным к настоящему времени моделям, частицы темной материи состоят из «зеркальных» версий фундаментальных кирпичиков обычной (барионной) материи, то есть «темных кварков» и «темных глюонов».

Такие элементарные частицы должны иметь несколько важных потенциальных свойств. Во-первых, они без особого труда должны вписываться в гипотетические модели темной материи, подразумевающие наличие слабо взаимодействующих частиц, так называемых **ВИМПов, (WIMP)**, или **Weakly Interacting Massive Particle**, то есть «**слабовзаимодействующие массивные частицы**» [186].

Во-вторых, темные кварки с глюонами в определенных условиях, должны взаимодействовать с обычными частицами. Только, происходит ли это в действительности – не известно.

А что, в количественном измерении означает «слабовзаимодействующие»? Напомним, что, между частицами действуют только четыре известные науке силы: сильная, слабая, электромагнитная и гравитационная. Разные частицы участвуют в разных взаимодействиях. Например, кварки – во всех четырех, а электроны – во всех, кроме сильного. ВИМПы, как и нейтрино, участвуют только в двух взаимодействиях – слабом и гравитационном.

Однако, к сожалению, реальное существование как «темной материи», так и ее проявление в виде «темной энергии», участвующей в гравитационных взаимодействиях, – по-прежнему не удалось обнаружить экспериментально.

Так, три масштабных эксперимента проведенные на Большом адронном коллайдере, направленные на обнаружение «темного» вещества ни к чему не привели [187].

По этому поводу в научной среде мнения разделились: одни предлагают строить более мощные ускорители и чувствительные детекторы, другие задаются вопросом, стоит ли вообще искать то, чего может и не быть в природе.

Некоторые авторы исходят из очень смелого предположения, что каждый отдельный Вимп имеет чудовищную по меркам частиц массу. Он должен быть массивнее протона как минимум в 10^{18} раз, а то и вовсе достигать планковской массы (соизмеримой с массой пылинки!). Но большинство физиков-теоретиков не готовы предполагать, что столь тяжелые частицы вообще существуют в природе.

Весьма необычная точка зрения по поводу проявления «темной материи» была высказана голландским физиком-теоретиком Эриком Петер Верлинде, предложившим радикально пересмотреть закон всемирного тяготения Ньютона и теорию относительности Эйнштейна и принять новую теорию тяготения, в которой нет места «темной материи» [188].

Суть этой теории в том, что тяготение, по мнению ученого, не является основополагающей природной силой, а лишь возникает как следствие квантовой активности пространства, точно так же, как температура является следствием взаимодействия субатомных частиц.

В результате, Эрик Верлинде пришел к выводу, что формулами Ньютона и Эйнштейна можно по-прежнему пользоваться, не принимая при этом во внимание «темную материю», частицы которой до сих пор не обнаружены.

Свои выкладки ученый опубликовал на днях в нескольких научных изданиях. Основную часть гипотезы он предложил еще в 2010 году. Главный ее посыл в том, что гравитация не является фундаментальной силой природы, скорее, это случайный феномен.

По словам Верлинде, гравитация появляется в результате изменения в главных битах информации, сохраненных в самой структуре пространства и времени. Он утверждает, что гравитация объясняется определенным различием в плотности энтропии в пространстве между двумя телами.

Так, притяжение двух макроскопических тел он объясняет ростом полной энтропии с уменьшением расстояния между телами.

Другими словами, система просто переходит в более вероятное макро-состояние.

В своей статье от 2010 года Верлинде показал, что «Законы Ньютона не работают на микроуровне, но они действуют на уровне яблок и планет. Вы можете сравнить это с давлением газа. Сами по себе молекулы газа, несочетающиеся в объемном образовании, не создают никакого давления, но некоторый объем газа оказывает давление».

По Верлинде, поведение звезд в галактиках, которые, по мнению многих ученых, не согласуются с общепринятыми представлениями о пространстве-времени, может быть объяснено без введения дополнительного фактора вроде темной материи.

Возвращаясь к попыткам разработки моделей структуры атомного ядра, отметим, что результаты исследования взаимодействия нуклонов в адронных коллайдерах, путем наращивания мощности ускорителей элементарных частиц не дали возможности выявить, при столкновении, истинную картину их внутреннего «устройства».

Кроме рождения большого числа короткоживущих частиц, которые вписывают в стандартную модель, никакого существенного понимания строения атомных ядер, подобное столкновение нуклонов не дало. Разве, что, в ходе непомерно дорогостоящих экспериментов удалось зафиксировать «элементарные частицы», состоящие из «верхних», «нижних» и «странных» кварков, а также более сложные экзотические структуры (рис. II.3).

Приблизительно в 1980 году статус элементарной частицы как действительно конечной составляющей вещества был в основном отвергнут из-за более практического взгляда, который воплотился в Стандартную модель физики элементарных частиц, известную как наиболее экспериментально успешную научную теорию. Многие разработки и теории за пределами Стандартной модели, включая популярную **суперсимметрию**, удваивают число элементарных частиц, выдвигая гипотезу о том, что каждая известная частица ассоциируется с «теневым» партнёром гораздо более массивным, хотя все такие супер партнёры остаются нераскрытыми. Между тем элементарный бозон и опосредующий гравитацию (гравитон), остаются гипотетическими. Кроме того, как показывают горе-гипотезы о пространстве-времени, последнее, квантуется, поэтому, скорее всего, «существуют атомы» пространства и, даже, самого времени.

Ну что, уважаемый читатель, Не пора ли опять, как это уже было в случае открытия планетарной модели атома, исходя из аналогии с космическими планетными системами, обратиться к аналогии строения ядер атомов и масштабных астрономических объектов макромира, в частности Солнца?

ГЛАВА III

ВНУТРЕННЕЕ СТРОЕНИЕ СОЛНЦА И ОБОЛОЧЕЧНАЯ МОДЕЛЬ АТОМНОГО ЯДРА

Как было отмечено в предыдущей главе, применительно внутреннему строению атомных ядер, к настоящему времени разработано несколько теорий, каждая из которых своеобразно описывает определенные свойства ядер, однако, как вытекает из ряда публикаций, посвященных теоретическому и экспериментальному исследованию обозначенной проблемы, не одна из известных теорий не отражает экспериментально наблюдаемую совокупность этих свойств [189].

Современная физика признаёт, что сложный характер ядерных сил, не смотря на всю созданную палитру разработанных для их описания физических и математических моделей, не может адекватно описать строение ядер всех известных элементов Периодической системы [190].

Есть все основания утверждать, что существующие модели основанные на представлении ядра в виде физического объекта с заранее известными характеристическими свойствами не имеют ничего общего с реальным строением атомных ядер.

Это утверждение обуславливает необходимость создания новой, более реальной модели атомных ядер.

Особенно в ядрах атомов с большим числом «протонов» и «нейтронов» математический аппарат не работает, либо требует сверхсложных расчётов, которые, из-за большого числа неизвестных, теряют какой-либо смысл [191].

В результате науки XX - XXI веков, построенная на постулатах составной, нуклонной теории атомного ядра, отменила логику и причинно-следственную связь реального строения атомов известных элементов и проявления ими соответствующих физико-химических свойств. В тоже время, математические фантомы, предложенные для их описания, современная наука объявила реальностью.

В предыдущих разделах был отмечен ряд противоречий, возникших при попытке описания свойств ядер элементов с позиций составной (нуклонной) модели атомного ядра.

Прежде всего следует упомянуть, что взаимодействие нуклонов в парах нейтрон-нейтрон, протон-протон и нейтрон-протон в одинаковых квантовых состояниях неразличимо, т.е. собственно сильное (ядерное) взаимодействие **не зависит от типа нуклона**. Как уже упоминалось, это свойство ядерных сил формулируют как их **зарядовую независимость**.

Такое представление содержит в себе серьезное внутреннее противоречие, которое ставит под сомнение собственно наличие «сильного взаимодействия», как его описывает современная физическая наука. При этом отсутствует какая-либо взаимосвязь между соотношением числа нуклонов и их расположением в составе ядра с главными физическими свойствами ядра, которыми являются стабильность и радиоактивность.

Если следовать принципам планетарной модели атома, описанным в предыдущих разделах, основанным на аналогии атомных и планетарных построений, заимствованных у Солнечной системы, то можно предположить, что и гидродинамическая (капельная) и оболочечная модели ядра могут иметь структурную аналогию с моделью внутреннего строения нашего Солнца [192].

Отмеченная аналогия подтверждается результатами изучения структуры атомных ядер в экспериментах по рассеянию α -частиц на легких ядрах. Это дало основание полагать, что усредненная плотность ядерного вещества у всех ядер, независимо от их размера, приблизительно постоянна [193]. А наличие градиента плотности ядерной материи, убывающей от центра ядра к его периферии может быть сопоставимо с радиальным распределением плотности вещества в структуре Солнца.

Как видно, (рис. III.1), центральная часть Солнца представлена **ядром** с радиусом, примерно 150–175 тыс. км (что составляет 20–25 % от общего радиуса Солнца), плотность которого равна примерно 150000 кг/м^3 . Плотность солнечного ядра почти в семь раз превышает плотность одного из самых «тяжелых» металлов – осмия [194].

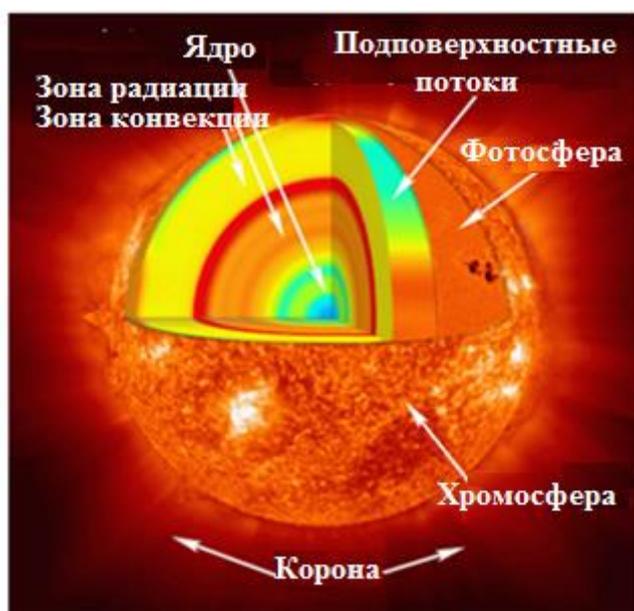


Рис. III.1. Современная модель внутреннего строения Солнца.

Вся энергия ядра последовательно проходит сквозь слои, вплоть до фотосферы, с которой излучается в виде солнечного света и кинетической энергии частиц, образующих т.н. солнечный ветер, в результате чего потеря массы Солнца достигает 4млн. тонн/сек.

Над ядром, на расстоянии $\sim 0,5-0,7$ величины общего радиуса расположена т.н. **зона лучистого переноса** (зона радиации), перенос энергии в которой происходит путем излучения и поглощения фотонов.

Перепад температур в данной зоне составляет от 2 млн. К (на поверхности) до 7 млн. К в глубине. Плотность вещества колеблется от $0,2 \text{ г/см}^3$. (на поверхности) до 20 г/см^3 . (в глубине).

Ближе к поверхности Солнца температуры и плотности вещества уже недостаточно для полного переноса энергии путём переизлучения. Возникает вихревое перемешивание плазмы, и перенос энергии к поверхности (фотосфере) совершается преимущественно движениями самого вещества, т.е. реализуется конвективный способ обмена энергией, а подповерхностный слой, толщиной ~ 200000 км, где происходит конвективная передача энергии, носит название **конвективной зоны**.

Далее, в направлении к поверхности Солнца расположена **фотосфера**, образующая его «видимую» часть. Толщина солнечной фотосферы, по разным оценкам, составляет от 100 до 400 км. По имеющимся данным состав фотосферы: водород – 73,46%; Гелий – 24,85%; кислород – 0,77%.

Внешняя оболочка Солнца, толщиной 2000 км, окружающая фотосферу, именуется **хромосферой**, в связи с ее красноватым цветом (H-линия излучения водорода) [195].

Хромосфера представляет собой слой атмосферы, состоящий из разреженных водорода, гелия и небольшого количества других элементов – металлов (железа, кальция, магния и пр.), кремния, углерода и других, находящихся в газообразном состоянии. Ее плотность в среднем в 10 000 раз меньше плотности фотосферы.

Наконец, последняя внешняя оболочка Солнца носит название **Солнечной короны**, которая в основном состоит из протуберанцев и энергетических извержений, исходящих и извергающихся на несколько сотен тысяч и даже более миллиона километров в пространство.

Приведенное описание внутреннего строения Солнца, свидетельствует о значительной неоднородности физико-химических характеристик его структурных элементов, сформированных в виде **сфер-оболочек**.

Прежде всего обращает на себя внимание резкое различие плотности вещества, заполняющего оболочки от центра к периферии.

Как было упомянуто, плотность вещества в солнечном ядре составляет примерно $150\,000\text{ кг/м}^3$. Плотность же внешней сферы $\sim 10^{-8} - 10^{-9}\text{ кг/м}^3$. Однако **сплошность** солнечного вещества внутри каждой сферы при этом не нарушается, а его усредненная плотность с учетом плотности каждой сферы имеет значение 1409 кг/м^3 .

Наличие радиального градиента плотности оболочек структуры Солнца свидетельствует о различной степени устойчивости соответствующих оболочек к воздействию каких-либо сил, стремящихся нарушить их устойчивость.

Следовательно, можно представить гипотетическую ситуацию, когда объект (Звезда) с аналогичными свойствами, а именно с оболочечным распределением вещества по плотности, подвергается «ударному» воздействию каких-либо космических тел, того же размерного масштаба. Тогда, в зависимости от величины кинетической энергии налетающего тела будет наблюдаться определенная последовательность нарушения устойчивости тела – мишени. А именно, в продуктах его распада изначально будут появляться составные части меньшей плотности (устойчивости), затем, по мере возрастания кинетической энергии налетающего тела, продуктами распада тела-мишени будут осколки большей плотности (рис. III.2).



Рис. III.2. Гипотетическое ударное разбиение солнце-подобной Звезды с оболочечным радиальным распределением вещества по плотности. Продукты разбиения – сферические осколки возрастающей плотности: $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3 < \rho_4 < \rho_5 = \rho_6$.

Вполне вероятно, что из числа продуктов подобного «распада» Звезды могут появляться сферические объекты, отличающиеся массой и плотностью, среди которых, объект с относительно малой массой, (на рисунке III.2 отмечен условным номером б), находясь в состоянии высокотемпературной ионизированной плазмы может также обладать электрическим зарядом, взаимодейство-

вать с внешним электрическим полем и представлять собой макро-аналог протона – продукта распада атомных ядер легких элементов, атакованных α -частицами в опытах Резерфорда. В то время, как не обладающий зарядом, но сопоставимый по массе с макро-аналогом протона объект под номером (2) может быть квалифицирован в качестве макро-аналога нейтрона. Изображенные на рис. III.2 «осколки» (1, 3, 4) с большей, относительно «осколкам» (2,6) массой, могут быть квалифицированы как макро-аналоги ядер атомов, масса которых кратна сумме макро-протона и макро-нейтрона.

Принимая во внимание описанную выше особенность глубинной структуры солнечного вещества (рис. III.1.), а также вероятную аналогию законов формирования вещества во Вселенной, обсуждаемое выше представление об оболочечной модели внутреннего строения **атомного ядра** вполне оправдано.

К сожалению, из-за доминирования представлений о протонно-нейтронной, составной модели атомных ядер, радиальное распределение плотности ядерного вещества от центра к периферии выражалось не в привычных для понимания единицах плотности, а в количестве нуклонов, содержащихся в кубическом фемтометре ($1\text{фм} = 10^{-15}\text{м}$).

Поэтому, при разработке оболочечной модели атомного ядра **сплошность** структуры его оболочек во внимание не принималась, что, вероятно и осложняло совмещение в одной модели теоретических представлений для гидродинамической и составной (состоящей из отдельных нуклонов) структуры.

А теперь, с позволения, вернемся к описанной в предыдущей главе попытке идентифицировать **«истинное строение»** ядер атомов по продуктам распада при бомбардировке частицами масштабного уровня сопоставимого с масштабным уровнем «мишеней».

Здесь уместно еще раз задать вопрос: правильной ли является, с точки зрения практической методологии, попытка установить скрытую от визуального восприятия структурную особенность объекта по результатам анализа продуктов его разбиения на осколки, исходя из принципа – на что распалось, из того и состояло (см. рис. II.5)?

Тут же возникает следующий, неоднократно задаваемый вопрос: являются ли осколки, «протоны» и «нейтроны», образующиеся при обстреле ядер атомов высокоэнергетическими α -частицами (опыты Резерфорда), составными структурными элементами этих ядер до распада? Неверная интерпретация экспериментальных данных, касающихся природы частиц, образующихся при распаде

ядер, в некоторых случаях, влекла за собой ложные представления о их составных элементах.

Известно, что в одной из своих статей, посвященных результатам анализа продуктов распада радиоактивных элементов Резерфорд писал: «Я исследовал, совместно с Робинсоном, выбрасываются ли из радиоактивных веществ какие-нибудь заряженные атомы, кроме атомов гелия и атомов радиоактивных веществ, получивших ускорение, в следствие отдачи при испускании α -частиц.

Это исследование показало, что если даже такие частицы выбрасываются из исследованных радиоактивных веществ, то их число, наверное, меньше 0,0001 числа атомов гелия» [196].

Отсюда следует, что **ядро гелия** обладает весьма прочной конфигурацией, которая выдерживает интенсивные возмущения, возникающие при его выбрасывании из радиоактивного атома, и что оно является одной из единиц, из которых, быть может, построено большинство атомов.

В то же время продолжает быть не разрешенным вопрос: заключают ли в себе положительные ядра, которые все без исключения несут положительный заряд, также и отрицательные электроны» [197].

Этот вопрос исследовался Бором, который на основании радиоактивных данных, считал обоснованным предположение, что β -превращения состоят в выбрасывании отрицательного электрона из ядра.

Напомним, что (β -распад) – это тип радиоактивного распада, обусловленный слабым взаимодействием и изменяющий заряд ядра на единицу без изменения массового числа. При этом распаде ядро **излучает электрон** или **позитрон** (бета-частицу), а также нейтральную частицу с полуцелым спином (электронное антинейтрино или нейтрино).

Иными словами, предполагалось, что помимо электронных оболочек, составляющих структуру планетарной модели атомов, электроны «являлись» также составными частями ядер атомов.

В частности, полагалось, что ядро гелия построено из двух электронов и четырех водородных ядер [198].

Правда, далее Резерфорд отмечает, что: «**До тех пор, пока нуклеарная теория не получит более определенного подтверждения, преждевременно обсуждать возможное строение самого ядра**» [199].

Так, например, преждевременной оказалась интерпретация результатов радиоактивного бета-распада некоторых радиоактивных веществ, высказанная в послании участникам физической конференции, состоявшейся в 1930г. в городе

Тюбенгене (Германия) австрийско-швейцарским физиком Вольфгангом Эрнстом Паули: «Именно имеется возможность того, что в ядрах существуют электрически нейтральные частицы, которые я буду называть «нейтронами» и которые обладают спином $\frac{1}{2}$ » [200].

Масса так называемого «нейтрона» по порядку величины предполагалась сравнимой с массой электрона.

Непрерывный спектр β -излучения тогда стал бы понятным, если предположить, что при радиоактивном распаде ядер вместе с электроном испускается еще и «нейтрон».

Несколько позднее, в том же 1930 году, разрабатывая теорию бета-распада, итальянский и американский физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии по физике (1938г) Энрико Ферми предположил, что бета-частицы **не содержатся в ядре**, но образуются при распаде вылетевшего из него нейтрона. А после открытия в 1932г. собственно, нейтрона, Э. Ферми предложил называть «частицу Паули» – «**нейтрино**».

Теория β -распада Ферми в дальнейшем стала основой для построения современных теорий т.н. слабого взаимодействия [201]. Наиболее важным следствием этой теории было утверждение, что в ядре нет ни электронов, ни нейтрино. **Электрон и нейтрино возникают в момент, последующий после распада атомного ядра.**

Приведенный пример ошибочной интерпретации экспериментальных данных по β -распаду атомных ядер, является доказательством того, что **принцип – на что распалось, из того и состояло, не всегда приемлем для характеристики не подлежащих прямому наблюдению структурных элементов микромира.**

В случае же взаимодействия α -частиц с атомами водорода – наименьшими по размеру атомами вещества, имеющими, также, наименьшие в природе размеры монолитного ядра, вылет этого ядра, в том виде, в котором оно изначально находилось, из системы атома, является безальтернативным, что и наблюдалось в экспериментах.

Так, обстреливая α -частицами атомы водорода, Резерфорд обнаружил что нейтральные атомы водорода превращаются в положительно заряженные частицы.

Резерфорду было известно, что легчайший атом Периодической системы – водород состоит из ядра, имеющего единичный положительный заряд, и одного электрона, несущего единичный отрицательный заряд [202].

Следовательно, обнаруженные при распаде атомов водорода положительно заряженные частицы, являются ядрами этих атомов.

При столкновении с атомом водорода α -частица подходила достаточно близко к ядру водорода и передавала ему часть энергии и импульса, в результате чего возникали «выбитые» из атомов водорода положительно заряженные ядра.

Резерфорд назвал эти положительно заряженные частицы **H**-атомами.

Позже, за ними укрепилось название «**протоны**».

Одновременно Резерфорд установил, что взаимодействие между α -частицей и ядром водорода не подчиняется обнаруженному им ранее закону рассеяния α -частиц на ядрах золота. По этой причине данный процесс не является классическим рассеянием Резерфорда, хотя наблюдался им ранее, чем классический.

При сближении α -частицы с ядром водорода силы взаимодействия между α -частицей и ядром водорода резко возрастали.

Сам Резерфорд следующим образом интерпретировал результаты своих экспериментов по прямому столкновению α -частиц с ядрами лёгких атомов:

«В результате столкновения с быстрыми α -частицами получают H-атомы, которые почти с одинаковыми скоростями летят по направлению налетающих α -частиц.

Данный факт означает, что закон Кулоновского взаимодействия между несущими заряд частицами, объясняющий изменяющуюся пропорционально квадрату расстояния между ними силу взаимодействия, становится несправедливым, когда ядра приближаются друг к другу на расстояние меньшее чем $3 \cdot 10^{-13}$ см.

Это служит доказательством наличия массы ядер того же порядка величины, и что силы взаимодействия между ними, которые очень быстро меняются по величине и направлению на расстояниях, сравнимых с обычно принятыми размерами диаметра электрона.

При таких близких расстояниях между ядрами развиваются огромные силы, во много раз превышающие силы кулоновского взаимодействия, и что, возможно, при столкновении структура ядер претерпевает значительную деформацию.

*Тот факт, что ядро гелия, которое, как можно предполагать, состоит из **четырёх H-атомов и двух электронов**, выдерживает это столкновение, свидетельствует о чрезвычайной устойчивости его структуры благодаря действию этих сил.»*

В 1917 году Резерфорд проводил серию экспериментов по бомбардировке азота альфа-частицами и наблюдал, как из газообразного азота «испускаются» ядра водорода (Резерфорд распознал эти ядра потому, что он ранее получил их, бомбардируя водород альфа-частицами и наблюдая ядра водорода в продуктах). Таким образом, Резерфорд пришёл к выводу, что ядра водорода возникли из ядер самих атомов азота [203].

Продолжая уже в 1919 г. эксперименты по исследованию взаимодействия α -частиц с лёгкими атомами, Резерфорд, также обнаружил, что при облучении α -частицами атомов азота из последних все также вылетают частицы, по своим параметрам сопоставимые с ядрами атома водорода, выявленными при атаке альфа-частицами атомов водорода, т.е. протоны.

Отсюда и был сделан вывод, что «протоны входят» в состав атомных ядер азота и других элементов.

Хотя с позиций слитной оболочечной модели ядер атома можно было бы прийти к выводу, что наблюдаемые протоны есть ни что иное как «осколки» распавшихся слитных оболочек ядер атомов азота, по параметрам схожие с ядрами атомов водорода.

В случае атаки атомов азота, под действием α -частиц, также должно было произойти изменение природы его ядра. Его заряд должен был уменьшиться на единицу, и ядро азота, испустив быстрые ядра водорода (протоны), должно превратиться в ядро изотопа кислорода.

Далее, Резерфорд получает экспериментальное подтверждение ранее уже установленного им факта распада небольшого количества атомов азота при бомбардировке их α -частицами. Время от времени α -частицы действительно **проникают в ядро азота**, образуя (на мгновение) новое ядро типа ядра фтора с массой 18 и зарядом 9. Это ядро, которое в природе не существует, чрезвычайно неустойчиво и сразу же распадается, выбрасывая протон и превращаясь в устойчивое ядро кислорода с массой 17 ...» (рис. III.3.).

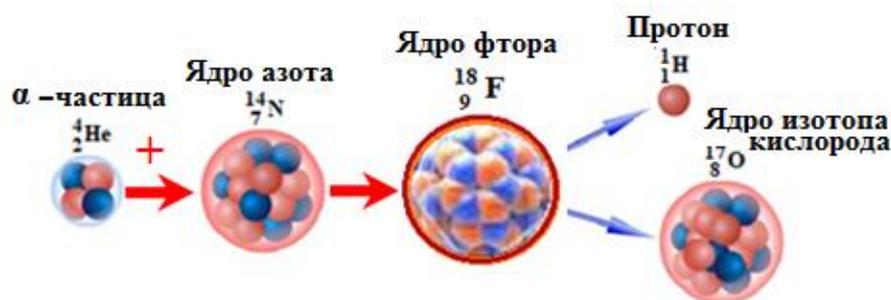


Рис. III.3. Модель превращения составного (протоны + нейтроны) ядра атома азота, при атаке α -частицей, предложенная Э. Резерфордом.

Отметим, что ядра элементов, размещающихся в конце таблицы Менделеева, не испытывают подобных превращений, так как из-за большой величины их положительного электрического заряда альфа-частицы, находясь под воздействием сил отталкивания, не вступают в ближний порядок взаимодействия.

Возвратимся теперь к комментариям Резерфорда относительно проведенных им экспериментов по атаке ядер атомов азота α -частицами [204]:

*«В предыдущей работе я показал, что частицы с большим пробегом, наблюдавшиеся в сухом воздухе и в чистом азоте, должны возникать из самих атомов азота. Таким образом ясно, что некоторые **атомы азота** разрушаются при столкновениях с быстрыми α -частицами и что при этом возникают быстрые атомы положительно заряженного водорода. Отсюда надо заключить, что заряженный атом водорода является **одним из компонентов ядра азота**».*

Теперь рассмотрим баланс нуклонов, приводимый в этих экспериментах.

В исходных ядрах азота-14 содержится 7 протонов и 7 нейтронов. Если из этого ядра выбить протон и добавить 2 протона и 2 нейтрона α -частицы, то получится ядро с 8 протонами и 9 нейтронами, т.е. ядро изотопа кислорода -17.

Видно, что баланс нуклонов идеально сходится. При этом, α -частицу можно рассматривать, как гелий-4, а протон – как водород-1:



Однако, из приводимого Резерфордом описания результатов упомянутых экспериментов следует, что атаке α -частицами подвергались, собственно, атомы азота, которые, согласно своему строению, помимо «нуклонной» составляющей, должны включать **семь электронов**.

Тогда каким образом получившийся в результате завершённой ядерной реакции изотоп кислорода-17 должен включать восемь электронов?

Следовательно, из-за дефицита одного электрона в продуктах распада атомов азота (правая часть ядерной реакции III.5), имеет место нарушение зарядовой симметрии.

Хотя результаты «Его Величества» эксперимента оспаривать не имеет смысла, тем не менее, если при интерпретации его результатов было бы отмечено, что после атаки α -частицами последовательность превращения азота-14 включала образование изотопа кислорода-17 и **короткоживущего нейтрона**, распадающегося на протон и электрон, захватываемый ядром кислорода, то тогда баланс электронов и нуклонов был бы соблюден.

Еще раз возвращаясь к вопросу о конкуренции между сплошной и составной (нуклонной) оболочечной моделями атомных ядер, за право считаться адекватной моделью, следует принять во внимание экспериментально установленный факт о **зарядовой независимости** взаимодействия ядерных «нуклонов».

Тот факт, что ядерным силам, обеспечивающим слияние «нуклонов» в одну сопряженную монолитную конструкцию, свойственна зарядовая независимость, а именно, ядерные силы, действующие между двумя «протонами» или двумя «нейтронами», или, наконец, между «протоном» и «нейтроном», одинаковы по величине, свидетельствует о их **неэлектрической природе**. Тогда правомерно прийти к заключению, что **положительный заряд той составной части ядра, именуемой «протоном»,** проявляется именно тогда, когда эта частица, фигурируя среди осколков распавшегося ядра отклоняется в электрическом поле.

По-видимому, недалеко то время, когда между гидродинамической (капельной, сплошной) и составной (протоны + нейтроны) моделью атомного ядра все же будет достигнут консенсус в виде **капельно-оболочечной модели**.

Так, недавно группа учёных из государственного научно-исследовательского университета в Сиэтле, штат Вашингтон, Варшавского технологического университета (Польша), Тихоокеанской северо-западной Национальной лаборатории и Лос-Аламосской Национальной лаборатории, разработала новую модель, описывающую, какие структурные изменения происходят на завершающих этапах процесса деления ядра (рис. III.4.) [205].

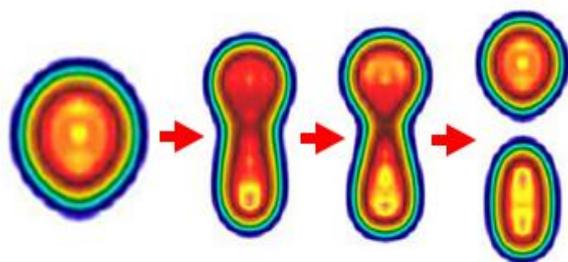


Рис. III.4. Иллюстрация новой модели для описания деления ядер

Используя эту модель, учёные выяснили, например, то, что радиоактивные осколки деления распадаются с периодом значительно большим, чем предсказывала ранняя теория. Подтверждением правильности новой модели стало то обстоятельство, что теоретический расчет кинетической энергии осколков деления, оказался полностью соответствующим экспериментальным данным.

Как отмечают авторы, открытие получившее название «Описание вынужденного деления ядра плутония-240» занимает одно из первых мест в высоко-рейтинговом издании Editors' Suggestion by Physical Review Letters.

Таким образом, если по аналогии с рис. III.2. мысленно представить, что какая-либо Звезда (Солнце) или соответствующий структурный аналог микромира (атомное ядро) будут подвергнуты механическому столкновению с сопоставимым по масштабу объектом, то результат такого столкновения скорее будет напоминать картину по разбиению капли ртути, иллюстрация которой приведена на рис. II.6.В.

В противовес ситуации, отражающей распад капельно-оболочечной структуры ядра, на рис. III.5. приведена иллюстрация распада составной оболочечной модели.

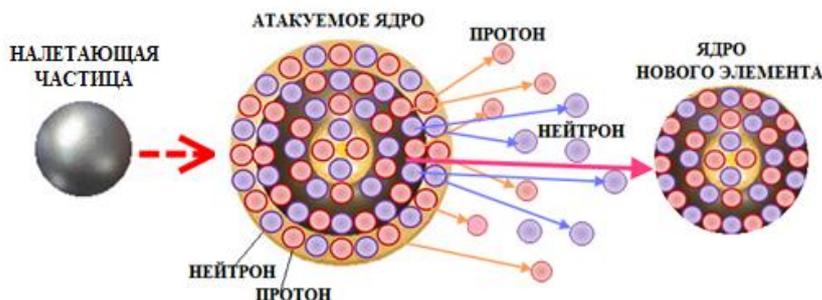


Рис. III.5. Иллюстрация распада произвольной составной оболочечной модели атомного ядра при столкновении с соразмерной по масштабу частицей.

Приведенное нами далеко не полное описание попыток построения адекватной модели ядер атомов дает основание полагать, что имевшее место игнорирование гидродинамической версии **капельной модели**, отражающей непрерывность (сплошность) консистенции ядерной среды, в противовес квантовым теориям **составной модели**, не только не сформировало доступное восприятию представление о истинном строении ядра, но и повлекло за собой возникновение целого ряда трудно воспринимаемых и бесперспективных идей о строении атомов химических элементов.

В этой связи закономерен вопрос: являются ли объективными представления о природе и количестве обнаруженных элементарных частиц, а также о пределе делимости **объектов микромира**, зависящим от технического уровня инструментария экспериментальной ядерной физики? Или же, **независимо** от энергетической возможности экспериментальных установок, т.е. априори, объекты микромира, или мира материи, относящейся к другой масштабной иерархии, можно считать делимыми, но в пределах масштабных рамок, численно ограничивающих структурное разнообразие объектов соответствующего масштабного уровня. Полагаем, что по этой причине поиск адекватной модели атомного ядра должен базироваться на аналогии со строением нашего Солнца.

III.1. Системно-структурная организация материального мира

Согласно современной естественнонаучной картине мира все природные объекты также представляют собой упорядоченные, структурированные, иерархически организованные системы.

Данное понятие происходит из современной материалистической философии, и рассматривает природу, как систему материальных объектов состоящих из множества подсистем, структурированных вертикально от нижних к более высоким уровням организации материи, которые в свою очередь являются элементами систем более высокого уровня. Каждая подсистема в структуре Вселенной представляет собой самостоятельную систему определенного уровня, являясь, в то же время элементом другой системы более высокого уровня.

Подобно тому, как, к примеру атом углерода представляет собой структурный элемент системы молекулы белка, последняя является отдельным, соответствующим элементом клетки.

Касательно принадлежности объекта к соответствующей системе (в пределе – к Вселенной), можно дать следующее определение.

Если какой-либо объект не может оказывать никакого воздействия на другие объекты во Вселенной, и какие-либо другие объекты также не оказывают на него совершенно никакого воздействия, данный объект не может быть частью Вселенной. Каждая система находится в непрерывном движении и взаимодействии с другими системами того же уровня структурной организации материи, что обеспечивает непрерывное протекание различных процессов в природе и постоянное развитие Вселенной в целом.

Исходя из системного подхода к природе материи, последняя делится на два больших класса материальных систем, относящихся к т.н. неживой и живой разновидностям.

В системе неживой природы структурными элементами являются: элементарные частицы, атомы, неорганические молекулы, поля, макроскопические тела, планеты и планетные системы, звезды и звездные системы, галактики, метагалактики и Вселенная в целом.

Соответственно в живой природе основными элементами принято считать белки и нуклеиновые кислоты, клетка, одноклеточные и многоклеточные организмы, органы и ткани, популяции, биоценозы, живое вещество планеты.

В современном естествознании структурированность материи оформилась в научно обоснованную концепцию системной организации материи. Структурные уровни материи, независимо из какого-либо вида материи они образованы,

характеризуются особым типом взаимодействия между составляющими их элементами.

Деление материи на структурные уровни носит весьма обоснованный принцип.

В доступных пространственно-временных масштабах структурность материи проявляется в ее системной организации, существовании в виде множества иерархически взаимодействующих систем от элементарных частиц до Метагалактик. Каждая из сфер объективной действительности включает в себя ряд взаимосвязанных структурных уровней.

Внутри этих уровней доминирующими являются **координационные** отношения, а между уровнями – **субординационные** [206].

Под структурой (от латинского слова *structure* – строение, порядок, расположение) понимается закономерное пространственное расположение единичного в целом, как совокупность устойчивых связей элементарных частей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, сохранение его основных свойств под влиянием внутренних и внешних сил.

Так, структура Вселенной, например, представлена закономерным пространственным расположением и устойчивыми связями галактик, скоплений галактик и т.д. Структура галактик состоит из закономерно расположенных в них и устойчивых связей звезд и звездных скоплений. Структура звездной системы (например, Солнечной) представляет собой закономерное расположение и устойчивость связей планет, астероидов и т.д. Структура живого и неживого вещества представляет собой закономерное пространственное расположение и устойчивость связей атомов, молекул. Структура атома характеризуется закономерным расположением и устойчивостью связей частиц, расположенных вокруг ядра и внутри него.

Современные принципы структурной организации материи связаны с развитием системных представлений и включают некоторые концептуальные знания о системе и ее признаках, характеризующих состояния системы, ее поведение, организацию и самоорганизацию, взаимодействие с окружением, целенаправленность и безусловную предсказуемость поведения.

Системное исследование материальных объектов предполагает не только установление способов описания отношений, связей и структуры множества элементов, но и выделения тех из них, которые являются системообразующими, т. е. обеспечивают обособленное функционирование и развитие системы в целом.

Системный подход к материальным образованиям предполагает возможность познания системы как менее, так и более высокого уровня.

Для системы обычно характерна иерархичность строения, т.е. последовательное включение системы более низкого уровня в систему более высокого уровня.

Изучение иерархии структурных уровней природы связано с решением сложнейшей проблемы определения границ этой иерархии как в макро-, мегамире, так и в микромире. Объекты каждой последующей ступени возникают в результате объединения определенных множеств объектов предыдущей ступени.

Находясь в состоянии непрерывного движения, материя существует в двух основных формах – в пространстве и во времени. Понятие пространства служит для выражения свойства протяженности и порядка сосуществования материальных систем и их состояний. В понятии времени фиксируется длительность и последовательность смены состояний материальных систем.

Как уже упоминалось, в эпоху современного научного мировоззрения для продвижения «вглубь» микромира создаются ускорители элементарных частиц нового поколения, такие, как адронные коллайдеры [207]. Однако адронный коллайдер – это всего лишь некий формат исследования, вряд ли «призванный» дать возможность ученым расширить представление о взаимодействии «элементарных» частиц в различных материальных средах, и создать адекватные модели этих взаимодействий в реальных природных условиях.

И в то же самое время, сегодня пытаются утверждать, что адронный коллайдер позволяет ученым добиваться серьезных научных результатов своей деятельности. К тому же мировые знаменитости в области атомной и ядерной физики пытаются создать иллюзию огромнейших научных результатов, полученных с помощью этого вида ускорителей. Но эти утверждения являются всего лишь прогнозами, и они несут в себе толкования, напоминающие, скорее, некие иллюзорные измышления. Это все воспринимается многими людьми, как способность и попытки к тому, чтобы вопреки здравому смыслу попытаться создать еще более странную и трудно воспринимаемую модель Мироздания, нежели та, которая была представлена в рамках **традиционных, классических представлений.**

А может быть следует уже обозначить т.н. красную черту, за пределами которой, даже беспредельно мощные ускорители «элементарных» частиц не смогут помочь раскрыть **истинную природу мироздания!**

ГЛАВА IV

МАТЕРИАЛЬНАЯ СУЩНОСТЬ МИКРО, МАКРО И МЕГАМИРА, ИХ ЕДИНСТВО И ВЗАИМОСВЯЗЬ

Современная физическая картина мира базируется на концепции неисчерпаемого множества свойств материи, существующей в многообразных, взаимосвязанных и взаимно-превращающихся формах, таких как вещество, поле, элементарные частицы с ненулевой массой (микрообъекты в субъядерном масштабе).

В едином материальном мире можно выделить три, доступные для восприятия, основные структурные области, различающиеся между собой по масштабам пространственной и временной протяженности составляющих объектов, преимущественным типам фундаментальных взаимодействий, образующим их многообразием структурных элементов и по характеру описывающих их физических закономерностей.

Это – **микромир, макромир и мега-мир**. Современная наука также допускает вероятность существования **субмикромира**. И хотя на этих уровнях действуют свои специфические закономерности, микро-, макро- и мега-миры теснейшим образом взаимосвязаны.

Некоторые особенности структурной области микромира нами были рассмотрены в предыдущих разделах, и, по мнению автора, в рамках данной книги, не нуждаются в пересмотре и дополнении.

Тем не менее, позволим себе остановиться на характеристических особенностях последних двух составляющих вышеупомянутую триаду: макро- и мегамира.

Считается, что пространственная протяжённость макромира распространяется от размеров больших молекул до размеров Солнечной системы [208].

Основные виды взаимодействия в этой структурной области Мироздания – электромагнитное и гравитационное; основные структурные уровни материи – макротела, макро-поля, космические объекты (планеты солнечной системы и их спутники); при малых скоростях описывается законами классической механики, а при больших скоростях – законами релятивистской механики.

На уровне макромира выделяют два основных вида материи – вещество и поле. Электромагнитное и гравитационное поля в отличие от вещества не имеют массы покоя и могут распространяться лишь с одной определённой скоростью – скоростью света.

Структурными элементами вещества и поля являются элементарные частицы, основным свойством которых является их взаимная превращаемость.

Согласно современной концепции Мироздания, общей чертой всех объектов макромира является отсутствие, свойственного микромиру, корпускулярно-волнового дуализма, единства прерывности и непрерывности (двойственной природы света, волновых свойств частиц и т. д.).

До появления в первой половине XX века в области теоретической физики феномена квантово-релятивистского мышления, доминирующим методологическим принципом отображения картины строения физического мира являлась классическая физика. Все теории классической физики, привязанные к описанию макромира, опирались на ряд общих научных и философских утверждений и принципов о характере физической реальности:

1. Закон инерции (механика Ньютона), постулирующий, что состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, являются естественными и присущими самой природе макрообъектов.
2. Между любыми макрообъектами действуют гравитационные силы притяжения, описываемые **законом всемирного тяготения Ньютона**. Поэтому все макротела имеют гравитационную массу (вес).
3. Изменение скорости макротел (их замедление или ускорение) возможно только в результате приложенной к телам внешней силы (механика Ньютона).
4. Наряду с материей существуют такие субстанции физической реальности, как пространство и время.

Все три субстанции связаны между собой только внешним образом, каждая из них самодостаточна и имеет внутреннюю первопричину проявления своих свойств.

По своим свойствам физическое пространство – эвклидово (однородно, изотропно, трехмерно, не искривлено и бесконечно). Оно является «вместилищем» всех материальных объектов и процессов (Ньютон).

Время также самостоятельная объективная субстанция, оно однородно, анизотропно, так как у него есть выделенное направление (стрела времени): движение только от прошлого к будущему.

Пространство в философии определяют, как форму бытия материи, которая выражает ее протяженность и структурность, сосуществование и взаимодействие элементов в различных материальных системах. Время – форма бытия, характеризующая длительность существования всех объектов и последовательность смены состояний.

5. В макром мире возможна любая скорость его объектов вплоть до бесконечной (принцип дальнего действия и мгновенного характера взаимодействия объектов – Ньютон). Благодаря принципу дальнего действия в материальном мире возможна абсолютная одновременность происходящих в нем событий.

6. Материальный мир бесконечен в пространстве и вечен в плане времени своего существования (он всегда был, есть и будет).

7. Принцип не локальности. Благодаря дальнему действию все в материальном мире взаимосвязано. Основу не локальности составляет гравитация. При этом гравитационное взаимодействие между объектами распространяется мгновенно, т.е. с бесконечной скоростью. Эйнштейн предложил назвать принцип не локальности принципом Маха. Эрнст Мах (австрийский физик, механик и философ-позитивист). сформулировал его в 1872 г. Согласно Маху, на любую область физической реальности (материи), на любой ее объект оказывает гравитационное воздействие все вещество, содержащееся во Вселенной [209].

Только так по Маху можно объяснить эффект инерции, возникающий при ускорении движения тела. Этот эффект является следствием гравитационного влияния на объект всей материи в целом.

Именно этим можно объяснить возникновение центробежных сил при вращении материальных объектов.

Таким образом, не локальность материального мира означает наличие в нем связи между крупномасштабной структурой Вселенной и физическими явлениями в любой локальной области.

Поддерживая идею не локальности физической (материальной) реальности, Мах был солидарен с Ньютоном, считавшим, что всякое представление о наличии в материальном мире абсолютно изолированных систем является ложным, однако, в отличие от Ньютона, Мах считал, что абстракция абсолютно изолированной системы является в науке весьма полезной для создания конкретных и частных моделей физической реальности.

Ведь именно такими системами считаются предметы многих наук, в частности, таких фундаментальных теорий, как классическая термодинамика, оптика, электродинамика и др., описывающих свойства и законы предметов этих наук, как абсолютно изолированных систем.

Эйнштейн поддержал идею Маха о гносеологическом статусе абсолютно изолированных материальных систем и плодотворности такого рода научных абстракций, с помощью которых любая наука легитимизирует предмет своих исследований [210].

Но уже в Новое время у принципа не локальности были свои серьезные философские оппоненты, которые считали этот принцип ложным с гносеологической точки зрения. Среди этих оппонентов были англо-ирландский философ Джордж Беркли (1685-1753) и немецкий философ, логик, математик, механик и физик Готфрид Лейбниц (1646-1716) с его монадологией – радикально-плюралистической онтологией, согласно которой мир – это бесконечное множество монад (основных единиц бытия) [211].

Общий аргумент был таким: знание о материальном мире вообще и научное знание в частности являются в своей основе только знанием о конкретном единичном. Что же касается природы общего знания, то по Беркли, всякое общее знание суть не более чем перенесение знания о единичном на другие единичные объекты, похожие на исходный единичный объект. Иными словами, всякое общее знание – суть знание по аналогии. Философия Беркли представляет чрезвычайно важный момент исторического развития новой философии, знаменуя переход от картезианской и локковской философии к скептицизму Юма и Кантовой критике чистого разума [212].

По характеристике немецкого философа Артура Шопенгауэра, Беркли приобрел «бессмертную заслугу перед философией» благодаря тому, что первым выступил с решительным и развёрнутым обоснованием положения о мире как совокупности представлений в сознании субъекта, став тем самым «отцом идеализма» [213].

Таким образом, согласно Беркли, все общие понятия не более чем абстракции, у которых нет объективной доказательной базы.

Поэтому нет никаких оснований провозглашать такие понятия, как абсолютное движение, абсолютное пространство, абсолютное время, материя, всеобщая взаимосвязь всех объектов и процессов, влияние Вселенной на любые ее локальные области, и основывать на этих понятиях основополагающую концепцию Мироздания.

В развитии научного знания о макром мире можно выделить два основных этапа: **классический и неклассический**. В их основе лежали разные фундаментальные теории. Парадигмой первого этапа была классическая физика; второго – теория относительности, квантовая теория и синергетика. Рассмотрим существенные различия между этими теориями, имевшими разные философские основания.

Основой классических представлений о макром мире стала механика, построенная Ньютоном и описанная им в его главной книге «*Philosophia Naturalis*

Principia Mathematica» («Математические начала натуральной философии»), опубликованной в 1686 г. [214].

В ней он изложил пять основных аксиом механики, главной из которых был закон всемирного тяготения (рис. IV.1):

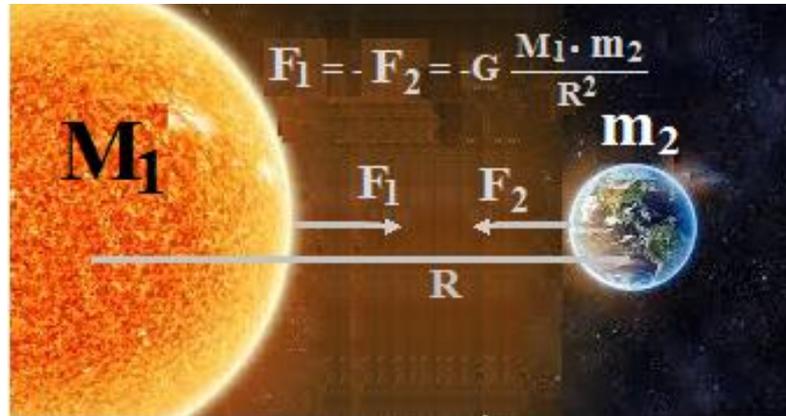


Рис. IV.1. Иллюстрация закона всемирного тяготения.

$F_{1,2}$ – сила тяготения; G – гравитационная константа $= 2/3 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3/(\text{кг} \cdot \text{с}^2)$; M_1 , m_2 – массы взаимодействующих тел; R – расстояние между ними. Также три закона механики (1-й, 2-й и 3-й законы Ньютона) и аксиома дальнего действия, утверждавшая возможность мгновенной передачи воздействия от одного тела к другому.

Используя математический аппарат своей теории, Ньютон теоретически объяснил законы Кеплера, разработал теорию движения Луны и комет, объяснил механику возникновения приливов, предложил идею искусственного спутника Земли и предсказал приплюснутую ее форму.

Окончательное оформление эта «ньютоновская» система мира получила к концу 18 в. в трудах блестящей плеяды французских и немецких ученых Алекси Клода Клеро, Леонардо Эйлера, Жозефа Лагранжа, Пьера Лапласа [215].

Иммануил Кант и Пьер Лаплас сформулировали гипотезу и разработали динамическую модель возникновения солнечной системы из первоначальной газовой туманности в результате ее аккреции. Для неподвижной относительно тела газовой среды, аккреция сферически симметрична. В случае излучающих тел (звезд) сферически симметричная аккреция газа возможна только при условии, что светимость тела не превышает критическую светимость, то есть гравитационные силы превышают давление излучения тяготеющего тела.

Это был триумф не только научного описания и объяснения сущего макромира, но и огромных масштабов его практических применений в технике.

К рубежу XVIII и XIX в. ученые были убеждены в том, что классическая механика в состоянии решить все проблемы макромира. Казалось, что полностью оправдываются слова французского математика и астронома Жозефа Луи Лагранжа об авторе «Начал» (имеется в виду И. Ньютон): «Ньютон был не только величайшим, но и счастливейшим из смертных, ибо систему мира можно создать только один раз» [216].

В то время были предприняты попытки объяснить, на основе законов и понятий механики, все известные основные физические явления: теплоту, свет, электричество, магнетизм и пр. В частности, явления переноса теплоты объясняли с помощью механической субстанции – теплорода, были придуманы и другие подобные жидкости – электрические и магнитные субстанции и пр.

Положение начало меняться в связи с успехами термодинамики. Так, в середине XIX в. немецкий медик и естествоиспытатель. Юлиус Роберт Майер, а также английский физик Джеймс Джоуль и немецкий физик-акустик Герман Гельмгольц открыли закон сохранения энергии [217].

Используя этот закон, английский астрофизик Артур Эддингтон предложил первую научную теорию, объясняющую, в частности, почему «горят» звезды. Согласно его теории, источник энергии звезд – превращение в тепло энергии гравитационного сжатия [218].

Только в XX в. было выяснено, что этот механизм гравитационного сжатия недостаточен, и необходимо также учитывать поступление в недра звезд энергии, выделяющейся при термоядерной реакции превращения протонов в ядра гелия [219].

В 1824 г. основоположник термодинамики, французский физик и математик Сади Карно открыл второе начало термодинамики, т.е. закон возрастания энтропии – меры неупорядоченности систем – во всех необратимых процессах.

Используя этот закон, А. Эддингтон сформулировал критерий, определяющий направление времени во Вселенной: «Стрела времени есть свойство энтропии, и только ее одной» [220].

Другое следствие из второго начала термодинамики сформулировал немецкий физик, математик и механик Рудольф Клаузиус, выдвинувший гипотезу «тепловой смерти» Вселенной: «История мира завершится, когда вследствие непрерывно продолжающегося роста энтропии он достигнет состояния термодинамического равновесия, т.е. абсолютного покоя [221].

Поскольку физики исходили из предположения, что мир существует бесконечно, то возникал естественный вопрос, почему этого уже не случилось.

Австрийский физик-теоретик Людвиг Больцман – один из основоположников статистической физики – попытался снять этот парадокс, предположив, что наш мир – не более чем гигантская флуктуация в необъятной Вселенной, которая в целом «уже давно мертва» [222].

Действительное решение данной проблемы удалось получить много позже, в рамках теории самоорганизующихся систем [223].

Все эти перечисленные открытия существенно обогатили картину мира, но не привели к смене **механистической парадигмы**.

Так, по словам немецкого физика Германа Гельмгольца, научное познание мира будет завершено «по мере того, как будет выполнено сведение явлений природы к простым силам и будет доказано, что это единственно возможное сведение, которое допускают явления» [224].

Не изменилась эта точка зрения и после того, как британский (шотландский) физик, математик и механик Джеймс Кларк Максвелл, обобщая открытия Андре-Мари Ампера, Ганса Эрстеда и Майкла Фарадея, сформулировал законы **электромагнетизма** [225].

Из уравнений Максвелла следовало важное предсказание: электромагнитные волны должны распространяться в пустоте (вакууме). В 1888 г., спустя 20 лет после опубликования теории Максвелла, немецкий физик Генрих Герц экспериментально доказал существование этого фундаментального физического явления [226].

Возник вопрос: что же является носителем электромагнитного поля? Сам Максвелл считал, что эту функцию выполняет **эфир**. «Не может быть сомнений, – писал он, – что межпланетное и межзвездное пространство не является пустым, а заполнено некоторой материальной субстанцией или телом, несомненно, наиболее крупным и, возможно, самым однородным из всех других тел» [227].

Эта загадочная субстанция – **эфирное море** – должна была обладать парадоксальными свойствами: она должна быть почти **абсолютно упругой**, так как скорость света очень велика, но одновременно не должна оказывать никакого сопротивления движению небесных тел.

Проводя через себя видимый свет и электромагнитные излучения с другим диапазоном частот, она в то же время должна быть абсолютно прозрачной для проникновения электромагнитного излучения всех известных амплитудно-частотных характеристик. Всё это стало изрядно запутывать классическую картину мира.

Для того чтобы внести ясность в эти вопросы, физики попытались опытным путем обнаружить существование эфира. Решить эту задачу можно было, воспользовавшись тем обстоятельством, что уравнения Максвелла, в отличие от законов механики Ньютона, были **не инвариантны** относительно системы отсчета.

Дело в том, что физические теории XIX века предполагали, что подобно тому, как поверхностные волны на воде должны быть связаны с веществом, то есть со средой распространения (в данном случае водой), чтобы двигаться поперёк, так и слышимый звук требует среды для передачи своих волновых движений (например, воздуха или воды), поэтому и свет должен также нуждаться в среде распространения, «светоносном эфире», чтобы передавать свои волновые движения. Поскольку свет может проходить через вакуум, предполагалось, что даже вакуум должен быть заполнен эфиром. Поскольку скорость света так велика, а материальные тела проходят сквозь *эфир* без явного трения или сопротивления, предполагалось, что он обладает весьма необычной комбинацией свойств. Разработка экспериментов для исследования этих свойств была приоритетной задачей физики XIX века.

Идею о существовании в качестве среды распространения света – светоносного эфира использовали американский физик, лауреат Нобелевской премии (1907) Альберт Майкельсон и его соотечественник физик и химик Эдвард Морли, осуществившие в 1887 г. интерферометрическое сравнение пучков света, распространявшихся перпендикулярно направлению движения Земли и в направлении движения Земли [228].

В середине XIX века считалось возможным измерение эффектов эфирного ветра первого порядка, то есть эффектов, пропорциональных v/c (v – скорость вращения Земли, c – скорость света), однако прямое измерение с требуемой точностью скорости света было невозможно. Например, установка Физо-Фуко могла измерять скорость света примерно с 5-процентной точностью, чего было совершенно недостаточно для непосредственного измерения изменения скорости света первого порядка, поскольку $v/c \sim 0,01$ %. Поэтому ряд физиков попытались провести измерения косвенных эффектов первого порядка не самой скорости света, а **изменений** скорости света [229].

Итог этих опытов был сформулирован Майкельсоном: «Было продемонстрировано, что результат, предсказываемый теорией неподвижного эфира, **не наблюдается**, откуда с необходимостью следует вывод об ошибочности данной гипотезы» [228].

На этом проблемы картины мира с позиций классической науки не закончились. Из термодинамики и законов электромагнетизма следовало, что максимальная интенсивность излучения черного тела должна приходиться на коротковолновую область спектра. Эксперимент дал прямо противоположный результат: в этой области наблюдался минимум излучения. Столь резкое расхождение теории с экспериментом получило название «ультрафиолетовой катастрофы». Однако все эти неудачи мало повлияли на убежденность большинства ученых в истинности классической картины макромира.

Так, знаменитый британский физик лорд Кельвин (Уильям Томсон), встречая наступление XX века, произнес тост за успехи физики, оптимистично заявляя, что развитие теоретической физики по существу подходит к концу. На ее, в целом ясном небосводе, осталось всего лишь два облачка: неудача опыта Майкельсона – Морли и «ультрафиолетовая катастрофа» [230].

Однако жизнь распорядилась по-другому. Упомянутые «облачка» оказались симптомами надвигающейся революции в физике и началом радикального пересмотра всей прежней научной картины мира. Из первого упомянутого Уильямом Томсоном «облачка» родилась вскоре **теория относительности**, а из второго – **квантовая механика**.

Первый революционный шаг в построении новой, неклассической картины макромира сделал Альберт Эйнштейн. В 1905 г. он опубликовал работу «К электродинамике движущихся тел», в которой заложил основы **специальной теории относительности**.

В основу этой теории он положил три постулата [231]:

- 1) скорость света в вакууме одинакова во всех системах координат, движущихся равномерно и прямолинейно, друг относительно друга;
- 2) во всех таких системах координат одинаковы все законы природы (принцип относительности);
- 3) передача воздействия (сигнала) от одного тела к другому не может быть мгновенной (т.е. осуществляться с бесконечной скоростью); она всегда конечна и не может превышать скорости света в вакууме (~300 000 тыс. км/сек).

Из этих постулатов вытекали следствия, приведшие к радикальному пересмотру классической картины макромира. «Оказалось», что не существует ни абсолютного времени, ни абсолютного пространства. Пространственные и временные свойства объектов, во-первых, взаимосвязаны, во-вторых, зависят от скорости движения объектов.

Из теории также следовало предложенное Альбертом Эйнштейном соотношение взаимосвязи массы и энергии: $E = mc^2$, где c – скорость света.

В связи с тем, что сам Эйнштейн неоднократно упоминал, что энергия (E) в приведенном уравнении, соответствует массе **покоящегося** тела (m), но в то же время использовал формулировку, в которой величина (E) рассматривалась как сумма энергии покоящегося тела и его кинетической энергии, остановимся на этом вопросе подробнее.

В современной теоретической физике утвердились две основные концепции, касательно взаимосвязи массы тела и его энергии, в зависимости от того, что понимается под терминами «масса» и «энергия».

С одной стороны, первая концепция означает, что масса тела (инвариантная масса, называемая также **массой покоя**) равна энергии, «заклучённой в нём», то есть его энергии, измеренной или вычисленной в сопутствующей инерциальной системе отсчёта, так называемой **энергии покоя**, или в широком смысле, **внутренней энергии** этого тела: $E_0 = m_0c^2$ где E_0 – энергия покоя тела, m_0 – его масса покоя.

С другой стороны, можно утверждать, что любому виду энергии (не обязательно внутренней) физического объекта (не обязательно тела) соответствует некая масса; например, для любого движущегося объекта было введено понятие релятивистской массы, равной полной энергии этого объекта (включая кинетическую энергию): $E = m_{rel} \cdot c^2$.

где: E – полная энергия объекта, m_{rel} – его релятивистская масса.

Первая концепция не является лишь частным случаем второй. Хотя энергия покоя является частным случаем энергии, а практически равна в случае нулевой или малой скорости движения тела, но имеет выходящее за рамки второй интерпретации физическое содержание: эта величина является скалярным (то есть выражаемым одним числом) инвариантным (неизменным при смене системы отсчёта) множителем, аналогичным ньютоновской массе и являющимся её прямым обобщением. Таким образом, именно m_0 (а не m_{rel}) является единственным скаляром, который не только характеризует инертные свойства тела при малых скоростях, но и через который эти свойства могут быть достаточно просто записаны для любой скорости движения тела.

В современной теоретической физике концепция эквивалентности массы и энергии используется в первом ее изложении. Главной причиной, почему приписывание массы любому виду энергии считается чисто терминологически не-

удачным, и поэтому практически вышло из употребления в стандартной научной терминологии, является следующая из этого полная **синонимичность** понятий массы и энергии. Кроме того, неаккуратное использование такого подхода может запутывать саму суть вопроса, и в конечном итоге оказывается неоправданным. Таким образом, в настоящее время термин «релятивистская масса» в профессиональной литературе практически не встречается, а когда говорится о массе, имеется в виду инвариантная масса. В то же время термин «релятивистская масса» используется для качественных рассуждений в прикладных вопросах, а также в образовательном процессе и в научно-популярной литературе. Этот термин подчёркивает увеличение инертных свойств движущегося тела вместе с его энергией, что само по себе вполне реалистично.

В качестве экспериментального подтверждения взаимосвязи массы и энергии тела часто упоминается эффект дефекта массы, имеющий место при «слиянии» нуклонов (протонов и нейтронов) в ядра атомов изотопа водорода – **дейтронов** [232].

В частности, оказалось, что именно благодаря дефекту массы при реакции превращения протонов в ядра гелия в соответствии с формулой ($E_0 = mc^2$) в недрах звезд выделяется достаточное количество энергии, чтобы поддерживать их существование в течение миллиардов лет.

Существенный вклад в развитие теории относительности был привнесён немецким математиком Германом Минковским [233]. Он показал, что в рамках модели мира, соответствующей названной теории, пространство и время – это единая четырехмерная реальность, а вовсе не отдельные автономные субстанции, как это считалось в классической картине макромира.

Единственной неразрешенной проблемой с позиций теории относительности, опять таки являлась проблема гравитации.

В 1916 г. эта задача также была решена Эйнштейном в рамках созданной им новой фундаментальной теории макромира – **общей теории относительности** (ОТО) [234].

Если для описания законов классической механики Ньюотону потребовался аппарат дифференциального и интегрального исчисления, то математической основой ОТО стали другие методы математического анализа – предложенная немецким математиком Бернхардом Риманом неевклидова геометрия и тензорное исчисление [235].

Согласно ОТО, следовало, что гравитация – это вовсе не какая-то **особая физическая сила**, ответственная за ускорение или замедление движения тел, и,

что ускорение и замедление движения тел возможны и без приложенной к ним внешней силы.

Это просто результаты движения тел по пространству с **«искривленной структурой»**, которая описана в рамках общей римановой геометрии, явившейся обобщением плоской планиметрии Эвклида, планиметрии с отрицательной постоянной кривизной Лобачевского и планиметрии с постоянной положительной кривизной плоскостей самого Римана.

Обобщив все указанные геометрии, Риман создал новый раздел математической теории – геометрию переменной кривизны.

Эйнштейн же нашел для этой теории соответствующую ей **«объективную реальность»** – **искривленное физическое пространство**, которое было призвано заменить трехмерное физическое пространство Ньютона в его физике макромира. Говоря более технически, пространство-время в современной физике моделируется обычно как четырехмерное многообразие, являющееся базой для расслоенного пространства.

Эйнштейн объяснил наличие искривленного физического пространства влиянием на него материи, а именно характера распределения в данной области пространства тяжелых масс находящихся там объектов. Иными словами, **«искривленное пространство»** в рамках общей теории относительности рассматривается как пространство, искривленное гравитацией.

Уже в 1919 г. предсказание общей теории относительности об искривлении траектории луча света возле объектов с большой массой было полностью подтверждено астрономами, наблюдавшими за прохождением луча света вблизи такого массивного объекта как Солнце.

Еще одним **«блестящим подтверждением»** концепции Эйнштейна об искривленном характере физического пространства было объяснение им регулярного и достаточно сильного отклонения орбиты Меркурия от эллиптической траектории вращения вокруг Солнца. Этот реальный эффект в поведении Меркурия никак не может быть объяснен в рамках небесной механики Кеплера-Ньютона.

После создания Альбертом Эйнштейном частной и общей теории относительности главные физические характеристики объектов макромира (их размеры, временная длительность, масса, энергия) из абсолютных (независящих от системы отсчета при описании их величин) превратились только в относительные. Они стали теперь иметь конкретный физический смысл и определенность только по отношению к конкретной системе отсчета.

Как уже упоминалось, согласно классической картине макромира в материальном мире существуют две автономные реальности или субстанции – вещество и поле.

Их структура и законы качественно отличаются друг от друга. Поле – это непрерывная реальность, вещество – дискретная.

Согласно ОТО, различие между материей и полем не абсолютное, а только относительное. Вещество там, где концентрация поля максимальна, а поле – там, где она мала. Эйнштейн полагал, что в перспективе всю теорию удастся свести к единственной реальности – полю.

Попытки полного сведения вещества к полю продолжаются в физике до сих пор, правда, пока они были безуспешными.

Наиболее перспективным направлением в этой области признано создание т.н. теории суперструн, в которой все привычные объекты макромира, впрочем, как и явления микромира, будут описываться как особые типы и состояния волн или «струн» [236].

Теория струн – это идея теоретической физики о том, что реальность состоит из бесконечно малых вибрирующих струн – меньших по масштабу, чем атомы, электроны или кварки. Согласно этой теории, когда струны вибрируют, скручиваются и сворачиваются, они производят эффекты во многих крошечных измерениях. Эти эффекты могут наблюдаться во всем – от физики элементарных частиц, до крупномасштабных явлений, таких как гравитация.

Но после того, как теория струн получила известность в конце 1960-х и 70-х годов, ее положение в среде физиков-теоретиков было шатким. Некоторые физики напрочь отвергают эту теорию, а другие до сих пор стоят за нее горой.

Струнная космология – относительно новая и интенсивно развивающаяся область теоретической физики, в рамках которой осуществляются попытки использования уравнений теории струн для решения некоторых проблем, возникших в ранней космологической теории. Данный подход впервые использован в работах Габриелле Венициано [237], который показал, каким образом инфляционная модель Вселенной может быть получена из теории суперструн. Инфляционная космология предполагает существование некоторого скалярного поля, индуцирующего инфляционное расширение. В струнной космологии вместо этого вводится так называемое дилатонное поле, кванты которого, в отличие, например, от электромагнитного поля, не являются безмассовыми, поэтому влияние данного поля существенно лишь на расстояниях порядка размера элементарных частиц, или на ранней стадии развития Вселенной.

IV.1. Синергетическая неклассическая картина макромира

Как ньютоновская классическая картина макромира, так и эйнштейновская релятивистская картина этого мира, имели общим то, что считали макромир детерминистским по характеру связей, существующих между его объектами или их состояниями.

В нем не было места случайностям как особому объективному типу событий, а необходимость считалась единственным объективным типом причинно-следственных связей, существующим в макромире.

Поэтому жестким требованием к любой теории макромира было признание в качестве объективных, только однозначных законов. «В макромире все однозначно детерминировано» так сформулировал этот онтологический принцип, ставший известным как концепция лапласовского детерминизма, выдающийся французский физик XIX в. и один из создателей теории исчисления вероятностей Пьер-Симон Лаплас [238].

Случайность и вероятность по Лапласу это в лучшем случае неполное знание о реальности. Неполное знание или гипотеза может иметь точное количественное измерение.

Точное ее значение называется вероятностью наступления события. Лаплас считал, что в большинстве случаев мы не имеем полного знания о действительности и тогда вероятное знание о ней становится практически весьма полезным. Как говорят французы, «за неимением лучшего» (т.е. однозначного или необходимого знания). В любом случае это заведомо лучше, чем не иметь никакой информации.

Лапласовский детерминизм стал в свое время одним из главных принципов материалистической философии в ее борьбе субъективным идеализмом и агностицизмом за утверждение возможности достижения наукой объективно-истинного знания о мире, т.е. знания о том, какова на самом деле материальная реальность.

Более мягкой трактовкой случайности как абсолютно объективного феномена была интерпретация в виде точки пересечения независимых друг от друга рядов необходимых связей. В таком случае объективная случайность определялась как одна из форм проявления необходимости. Объективного статуса лишалась лишь так называемая «чистая случайность». Такой в материальной действительности нет и быть не может, а признание ее возможности есть онтологическая основа всякого рода чудес и ненаучных суеверий.

В объективном материальном мире все существующее имеет причину. Одним из ярких последователей лапласовского детерминизма был, как известно Эйнштейн, который считал, что истинными научными теориями могут считаться только те, которые имеют однозначные или динамические законы.

Именно на этом основании он считал квантовую механику с ее вероятностными законами **неполным знанием** о поведении элементарных частиц.

В знаменитой полемике с одним из создателей квантовой механики Н. Бором Эйнштейн заявлял: «Я не верю, что Бог играет в кости». На это вежливый Бор отвечал: «Не надо привлекать сюда Бога».

При рассмотрении свойств микромира мы уже отметили, что в оценке квантовой механики, как якобы неполной теории, Эйнштейн оказался явно неправ.

Более того, все последующее развитие научного знания и о макромире также достаточно убедительно показало, что и вероятностные, и статистические, и даже явно индетерминистские теории, в которых случайность рассматривается уже как более фундаментальное свойство объективной реальности, чем необходимость, также являются вполне объективным знанием.

И наиболее ярким примером такого знания является **синергетика** как наука об открытых, неравновесных и нелинейных системах макромира. Синергетика - научное направление, которое исследует процессы взаимодействия, коллаборации, эволюции сложных и динамичных систем. Термин был введен Германом Хакеном в начале 1970 года [239].

В синергетике предметом ее изучения стала такая особенность реального мира как наличие в нем большого количества нестабильных систем и хаотических состояний, но при этом таких, которые способны к **самоорганизации**.

С точки зрения классики – это нонсенс, то, чего быть не может. С другой стороны, уже классическая термодинамика заставила посмотреть на проблему по-иному: хаос, как и состояние «тепловой смерти» – это естественные и неизбежные состояния мира.

Более того, со временем стало все более очевидно, что, не найдя научного подхода к изучению явлений хаоса, мы заведем научное познание макромира и материального мира, в целом, в тупик.

Самое любопытное с гносеологической точки зрения оказалось то, что нашелся относительно простой способ преодоления подобного рода трудностей: он состоял в том, что следовало превратить проблему в положительный принцип.

Хаос – это свободное взаимовлияние факторов, каждый из которых, взятый сам по себе, может показаться второстепенным, незначительным. В уравнениях математической физики такие факторы учитываются в форме нелинейных членов, т.е. таких, которые имеют степень, отличную от первой. А потому теорией хаоса должна была стать и стала **нелинейная наука о макром мире**.

Как уже отмечалось, классическая картина макромира была основана на принципе детерминизма, на отрицании фундаментальной роли случайности в структуре и динамике мира. Однако, оказалось, что реальный мир мало похож на этот образ. Ему оказались присущи стохастичность, нелинейность, неопределенность, необратимость. В нелинейном мире его законы выражают уже не определенность, а лишь возможность и вероятность.

Случайности здесь играют фундаментальную роль, а наиболее характерным свойством многих неравновесных систем являются их способность к самоорганизации, где сам хаос играет не разрушительную, а созидательную и конструктивную роль.

Формирование научного аппарата нелинейной картины мира происходило по нескольким направлениям. В математике это теория особенностей (Анри Пуанкаре, Александр Александрович Андронов [240]) и теория катастроф (Том Рене, Владимир Игоревич Арнольд [241]).

Ключевые термины, введенные в эти теории, таковы: **бифуркация** – всевозможные качественные перестройки или метаморфозы различных объектов при изменении параметров, от которых они зависят; **катастрофы** – события носящие чрезвычайный характер, приводящие к скачкообразным изменениям свойств системы, возникающие на фоне плавного изменения параметров; **аттрактор** – «притягивающее» состояние, сверхтяжелая гравитационная аномалия в межгалактическом пространстве, внутри которой заключено огромное скопление галактик. .

В физике, химии и биологии – это работы Ильи Романовича Пригожина и возглавляемой им Брюссельской школы по термодинамике необратимых процессов. Итогом их исследований стало возникновение нового научного направления – теории неравновесных процессов [242].

Немецкому физику-теоретику, профессору Штутгартского университета Герману Хакену, много сделавшему для исследования этих процессов, принадлежит сам термин – синергетика (по-гречески *synergos*) означает «согласованный». В России это работы таких известных ученых физиков, как член-корре-

спондент АН СССР Сергей Павлович Курдюмов, советский и российский математик Георгий Геннадьевич Малинецкий, академик РАН Александр Андреевич Самарский [243].

Каковы же базовые принципы нелинейного образа мира? Во-первых, это принцип открытости. Система является открытой, если она обладает источниками и стоками по веществу, энергии и (или) информации. Во-вторых, это принцип нелинейности. В-третьих, это когерентность, т.е. самосогласованность сложных процессов. Принцип когерентности используется, например, в лазерах.

Используя эти принципы, назовем лишь основные отличительные свойства мира, подчиняющегося нелинейным закономерностям:

1. Необратимость эволюционных процессов. Барьер, который препятствует стреле времени обратить свой вектор в противоположную сторону, образуют нелинейные процессы.

2. Бифуркационный характер эволюции. Принципиальная отличительная особенность развития нелинейных систем – чередование периодов относительно монотонного самодвижения в режиме аттракции и зон бифуркации, где система утрачивает устойчивость по отношению к малым возмущениям. В результате за зоной бифуркации открывается целый спектр альтернативных эволюционных сценариев. Это означает переход от жесткого лапласовского детерминизма к бифуркационному и вероятностному принципам причинно-следственных связей.

3. Динамизм структуры саморазвивающихся систем. Существует два типа кризисов эволюционирующей системы: структурный и системный. В случае первого после зоны бифуркации она может сохранить устойчивость за счет перестройки своей структуры, во втором случае она переходит на качественно новый уровень.

4. Новое понимание будущего связано с тем, что к зоне бифуркации примыкает спектр альтернативных виртуальных сценариев эволюции. Следовательно, схема-образ, действующая как посредствующее представление, или чувственное понятие, благодаря которому в режиме одновременности восприятия и мышления выявляются закономерности грядущего, которые существуют уже сегодня. То есть, будущее оказывает влияние на текущий процесс. Этот вывод полностью противоречит классике.

Нелинейная наука ведет к эволюционной синергетической парадигме.

Принятие этой парадигмы означает отказ от следующих базовых онтологических постулатов классической философской и научной теории макромира:

1) Принципа классической причинности или принципа причинно-следственной связи; В классической физике это утверждение означает, что любое событие $A(t)$ произошедшее в момент времени (t) может повлиять на событие $B(t_1)$ произошедшее в момент времени (t_1) только при $t < t_1$. Таким образом, классическая физика допускает произвольно большую скорость переноса взаимодействий.

2) Принципа редукционизма, методологического принципа, согласно которому сложные явления могут быть полностью объяснены с помощью законов, свойственных явлениям более простым (например, социологические явления объясняются биологическими или экономическими законами).

Редукционизм абсолютизирует принцип редукции (сведения сложного к простому и высшего к низшему), предполагая полную объяснимость эмерджентных (несводимых свойств системы к сумме свойств её компонентов) свойств в системах более высоких уровней организации низкоуровневыми свойствами. Один из примеров редукционизма – планетарная модель атома.

3) Принципа линейности, проявляющимся в том, что любая система, для которой отклик системы на сумму воздействий равен сумме откликов на каждое воздействие.

В математической модели линейной системы это означает, что оператор преобразования «вход-выход» линеен. Иногда линейное свойство системы называют принципом суперпозиции.

В основе нелинейной картины макромира лежат совсем другие принципы:

а) **Принцип становления**, означающий то, что главная форма бытия – не покой и не просто движение, а его эволюционные преобразования. Эволюционный процесс имеет два противоположных полюса: **хаос и порядок**;

б) **Принцип сложности**, заключающейся в возможности обобщения, усложнения структуры материальных объектов и их систем в процессе эволюции;

в) **Принцип фрактальности**. **Фрактал** – это динамическая, растянуто-сфокусированная во времени и пространстве бифуркация, выражающая идею переходных состояний [244]. Во фрактальности бытия речь идет не об однородности, не о тождестве, не о совпадении, не об однообразии и не о подобии, а именно о самоподобии (см. дальнейшее развитие темы фрактальности мироздания в последующей главе VI).

Методы нелинейной науки, зародившиеся в сфере естественно-научного знания, оказались весьма перспективными и при исследовании проблем социально-культурной динамики.

Так называемый нелинейный стиль мышления – это стиль пост-неклассической науки, представляющий собой современное развитие системного мышления, принимающего во внимание сложность, нелинейность, неустойчивость и открытость реальных природных и социальных систем.

Синергетика является ответом на этот запрос современной эпохи: она способна описывать мир нестабильности и способствует формированию нелинейного мышления, адекватного современному способу бытия, ибо линейное мышление может быть непродуктивным в сложившейся нелинейной ситуации.

Современный глобальный кризис в значительной мере обусловлен отставанием научной методологии прогнозирования от практических потребностей.

Во многом это объясняется тем, что принципы нелинейности мышления еще не получили адекватного применения в области социально-гуманитарного научного познания.

Обсуждаемая в данном разделе неклассическая картина мироздания может быть дополнена следующими выводами:

1. В эволюции физики микромира окончательно утвердилась атомистическая концепция о дискретности вещества, энергии, пространства и времени, разработанная в теории элементарных частиц, квантовой механике и квантовой электродинамике.
2. В эволюции физики имело место три этапа в развитии ее представлений о макром мире: античный, классический и неклассический. Парадигмой первого этапа была натурфилософия Аристотеля, второго этапа – физика Ньютона; третьего этапа – теория относительности Эйнштейна и синергетика Пригожина.
3. Основные философские основания знания о макром мире:
 - 1) макром мир область объектов, соразмерных человеку и его практической деятельности;
 - 2) в этой области не существует неопределенности свойств и отношений объектов, здесь действует два вида законов: динамические и статистические;
 - 3) в области макром мира господствует необходимость, а случайность является особой формой проявления необходимости;
 - 4) пространство и время – непрерывны;
 - 5) для области макром мира возможно достижение объективного и абсолютно-истинного знания о ней;
 - 6) критерием истинности научного знания о макром мире является практическая деятельность.

ГЛАВА V.

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАТЕРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ, КАК УСЛОВИЕ ИХ СТРУКТУРНОГО РАЗНООБРАЗИЯ И УСТОЙЧИВОСТИ

Синхронизация параметров взаимодействия материальных систем, различных по своей природе и структурной организации, начиная от простейших видов механического движения, и завершая достаточно сложными отношениями человека в социальной сфере общения, является определяющим принципом самоорганизации и устойчивости этих систем.

Наверняка многие участники различного вида массовок, обращали внимание на то обстоятельство, когда бессвязные аплодисменты толпы внезапно превращаются в единый пульс, когда все синхронно начинают аплодировать в унисон.

Синхронизация стрекота, издаваемого сверчками, находящимися на значительном расстоянии друг от друга, одновременное мерцание светлячков в темное время суток, как природное явление известно почти каждому школьнику.

Первым исследователем, наблюдавшим и описавшим явление синхронизации еще в 17-ом столетии был Голландский ученый Христиан Гюйгенс, наиболее известный своими работами по оптике, математике и астрономии [245].

Гюйгенс не только привел точное описание, но также дал изумительное качественное объяснение эффекта взаимной синхронизации; он безусловно понял, что согласованность ритмов двух и более синхронизируемых объектов обусловлена зачастую недоступными восприятию движениями связывающей эти объекты среды, являющейся проводником энергетического взаимодействия источников колебаний.

В случае механического колебательного движения материальных объектов, т.е. **изменения пространственного положения тела или его частей относительно других тел с течением времени**, синхронизация колебаний возможна только в случае их нелинейного характера. При этом колеблющееся тело может быть, как естественно нелинейным, например, струна, колебательный контур с нелинейной индуктивностью, мультивибратор, поперечные колебательные моды кристаллов, так и с искусственно внесенной нелинейностью, например, колебательный контур, связанный с диодом или транзистором.

Существует два основных типа синхронизации колебаний: **взаимный**, при котором установившаяся частота колебаний системы отличается от собствен-

ных частот колебаний каждого из осцилляторов, и **принудительный** (захватывание частоты), при котором частота одного из осцилляторов (называемого синхронизирующим) остаётся неизменной, а частота других подстраивается под неё.

Для первого типа синхронизации характерно тесное взаимовлияние систем друг на друга, для второго же – одностороннее влияние синхронизирующего осциллятора на остальные осцилляторы и отсутствие обратной связи.

Большой вклад в теорию синхронизации внесли работы советских физиков, в первую очередь Л.И. Мандельштама и Н.Д. Папалекси, показавших, что при воздействии периодической внешней силы на автоколебательную систему может наблюдаться ряд нелинейных резонансных явлений, получивших название резонансов n -го рода. Если частота внешнего воздействия близка к частоте, которая в целое число раз больше или меньше частоты свободных колебаний, то возникает синхронизация (или захват) частоты, на обер- или унтертонах, когда частота автоколебаний становится в целое число раз меньше или больше частоты внешней силы [246].

В поисках понимания и контроля над явлением синхронизации взаимодействия материальных систем учёные пытаются установить математические правила, регулирующие появление различных видов синхронизации. Эта задача пока не решена, но уже ясно, что синхронизация – прямое проявление симметрии в структурировании материальных систем и их устойчивости, а десинхронизация – нарушение симметрии и их стабильности.

Рассмотрение данного принципа начнем с микро-масштабного уровня организации материальных систем, прежде всего, обращая внимание на энергетические аспекты их состояния, определяющие устойчивость к воздействию деструктурирующих сил.

Любое вещество в своей массе состоит из структурных образований, представляющих, собой, по мере уменьшения масштаба:

1. **Надмолекулярные структуры.** Это структуры, которые образуются путем взаимодействия молекул друг с другом для образования более крупной супрамолекулярной структуры. Основные принципы образования надмолекулярных структур основаны на **слабых взаимодействиях**, таких как водородные связи, гидрофобные взаимодействия, взаимодействия Ван-дер-Ваальса и ионные связи. Эти взаимодействия значительно слабее, по сравнению с химическими связями внутри молекулы, но они могут эффективно организовать молекулы в определенные структуры. Эти структуры обладают особыми свойствами, которые **не присущи** исходным молекулам [247]:

а) Самоорганизация: молекулы способны автоматически организовываться в определенные структуры без внешнего воздействия.

б) Самосборка: молекулы могут вступать во взаимодействие друг с другом и образовывать стабильные структуры с определенным порядком.

в) Многокомпонентность: надмолекулярные структуры могут быть составными, содержать несколько компонентов, каждый из которых выполняет свою функцию.

г) Гибкость: надмолекулярные структуры могут быть динамическими и изменять свою форму и свойства в ответ на внешние воздействия.

2. **Атомные и молекулярные кластеры.** Представляют собой новую структурную модификацию вещества с нано-метровыми размерами структурных элементов, которые занимают особое место среди обычных аллотропных форм веществ и формируются при использовании методов получения ультрадисперсных материалов. Атомные и молекулярные кластеры формируются путем объединения отдельных атомов или молекул в структурные образования с определенным числом частиц. Они могут иметь различную геометрию, размеры и химические свойства. Атомные и молекулярные кластеры характеризуются более **высокими значениями** энергии связи, входящих в их состав составных элементов, нежели надмолекулярные структуры.

Наиболее широко известны среди атомарных кластеров – это фуллерены – новая аллотропная молекулярная форма углерода, третья наряду с известными двумя кристаллическими модификациями: графитом и алмазом [248].

Молекулярные кластеры – это объекты, состоящие из относительно малого количества атомов, и представляющие собой промежуточное состояние вещества между атомами и нано размерными частицами.

Важнейшей энергетической характеристикой, которая определяет стабильность молекулярных кластеров, является энергия связи (потенциальная энергия).

Она, как уже упоминалось, превышает энергию межмолекулярных связей, характерную для надмолекулярных образований. Устойчивость молекулярных кластеров зависит, главным образом, от заполненности их внешних электронных оболочек.

Так, если электронная оболочка молекулярных кластеров полностью заполнена, то таковые имеют по модулю наибольшую энергию связи и являются наиболее стабильными к внешнему воздействию.

3. Молекулярные структуры. В классической теории химического строения представляются динамическими системами, в которых атомы рассматриваются как материальные точки, а связанные группы атомов могут совершать механические вращательные и колебательные движения относительно некоторой конфигурации, соответствующей минимуму энергии молекулы [249].

Химические связи в молекулах подавляющего большинства органических соединений является ковалентными. Среди неорганических соединений существуют ионные и донорно-акцепторные связи, которые реализуются в результате обобществления пары электронов атома. Энергия образования молекулы из атомов во многих рядах подобных соединений приближённо аддитивна. То есть можно считать, что энергия молекулы – это сумма энергий её связей, имеющих постоянные значения в таких рядах.

Особыми свойствами характеризуются образованные из однотипных молекул, т.н. **молекулярные кристаллы** – соединения, обладающие присущим кристаллическим веществам строением. В молекулярных кристаллах молекулы вещества связаны между собой слабыми ван-дер-ваальсовыми силами, внутри же молекул между атомами действует более прочная ковалентная связь.

4. Атомарная структура вещества. Атом – одноядерная, неделимая химическим путем частица химического элемента, носитель свойств вещества.

Поскольку в ядре атома сосредоточена практически вся масса, но его размеры ничтожно малы по сравнению с общим объёмом атома, то ядро условно принимается материальной точкой, покоящейся в центре атома, а сам атом рассматривается как система электронов. Считается, что при химической реакции ядро атома не затрагивается (кроме ядерных реакций), как и внутренние электронные уровни, а участвуют только электроны внешней электронной оболочки [250].

По этой причине химическая устойчивость, или противоположное свойство – реакционная способность атомов определяется величиной энергии их ионизации, т.е. сводится к доминирующей роли электронного окружения.

Как правило, рассмотренные выше разномасштабные структуры, находящиеся в непрерывном движении, пространственно разграничены, и их взаимодействие, определяющее устойчивое состояние вещества в целом, осуществляется путем взаимной передачи параметров этого движения, посредством соответствующей среды, в которой и происходит этот обмен.

Собственно говоря, если бы неотъемлемым признаком существования бесчисленного множества материальных объектов не было бы **движение**, то под

действием сил гравитации материальные объекты всех существующих масштабных иерархий слились в единое монолитное, бесструктурное «застывшее» во времени образование. В данном, недвижимом состоянии, лишенном каких бы то ни было проявлений и взаимодействий, материя прекратила бы существовать как **объективная реальность**.

Следовательно, можно утверждать, что Объективный Мир Материи представляет собой систему структурно организованных, находящихся в непрерывном движении бесчисленных структурных элементов, определяющих бесконечно протяженный уровень масштабной иерархии вещественной материи.

Как правило, с уменьшением физического размера содержащихся в веществе глубинных структурных образований, устойчивость последних к воздействию внешних сил резко возрастает. Об этом свидетельствуют приведенные на рис.V.1. затраты энергии, которые необходимы для нарушения устойчивости, отличающихся по размерам структурных элементов материальных объектов.

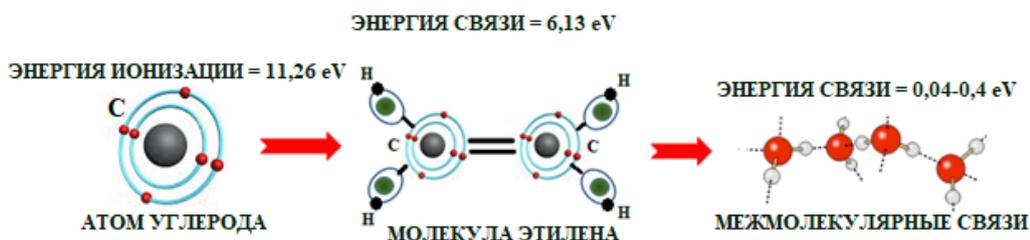


Рис.V.1. Энергетические затраты, необходимые для разрушения структурных образований в веществе, в зависимости от их масштаба.

В каждом, отдельно взятом макро-теле, будь это вещество однородное в своей массе, или разнородное по атомно-молекулярному составу, существует характеристическое распределение величин энергии связи между структурными фрагментами от максимального ее значения для атомарных структур, до минимального значения, характерного для межмолекулярных связей, определяющих соответствующее агрегатное состояние вещества (рис.V.2).

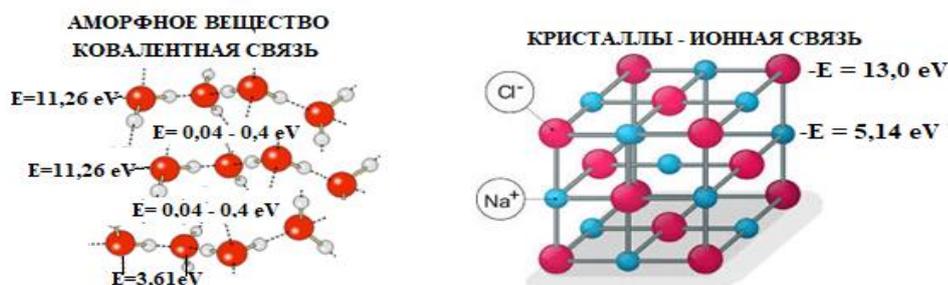


Рис. V.2. Приблизительное распределение энергии связи в аморфных и кристаллических фрагментах вещества.

Примечательно, что энергия связи элементов, непосредственно, в атомарных, молекулярных и надмолекулярных структурных составных частях вещества имеет дискретный характер, при значительной разнице соответствующих величин.

Это обеспечивает избирательный процесс независимой синхронизации амплитудно-частотных характеристик пространственного перемещения, входящих в состав массивного тела структурных элементов.

Следовательно, для обеспечения стабильности вещества к внешнему воздействию деструктивных сил необходима реализация условий, в которых энергия обменного взаимодействия на всех структурных уровнях вещества сводилась бы к минимуму, а сами взаимодействия были максимально синхронизированы.

Известно, что каждая составная структура вещества характеризуется совокупностью **поступательного, вращательного и колебательного движения**, каждое из которых имеет определенные значения амплитудно-частотных параметров, и соответствующие этим параметрам значения энергии суммарного момента движения.

Наименьшее энергетическое состояние суммарного момента движения соответствующих структур достигается синхронизацией параметров упомянутых выше типов движения, что и определяет ту или иную устойчивость вещества к воздействию внешних сил, т.е. сил, ведущих к десинхронизации структурной организации вещества.

Таким образом, существование устойчивой химической связи между атомами в различного рода молекулах и межмолекулярной связи в объемном веществе, обусловлено тем, что полная энергия для данной пространственной конфигурации атомов и молекул всегда меньше, чем для любой другой конфигурации, включая случай, когда входящие в состав молекул атомы разнесены на бесконечно большое расстояние друг от друга.

Известно, что протекание любого химического превращения веществ связано с разрывом или трансформацией связи атомов в молекулах, требующим соответствующих затрат энергии. Физические же процессы деструкции менее энергоемки и затрагивают межмолекулярные и меж-агрегатные связи в веществе.

Эта энергия может быть поставлена в виде нагрева вещества, излучения, механическим путем и т.п. и проявляется в виде кинетической энергии теплового движения структурных элементов.

При этом, молекулы одновременно совершают поступательное, колебательное и вращательное движения, каждое из которых доминирует в зависимости от величины поглощенной энергии, т.е. температуры подвергающейся энергетическому воздействию среды.

Если в многоатомной молекуле помимо поступательного и вращательного движения возбуждены колебания атомов (это наблюдается при температурах значительно больших комнатных), то на каждое нормальное колебание молекулы приходится энергия в два раза большая, чем на поступательную или вращательную степень свободы. Это связано с тем, что при гармонических колебаниях, как известно из механики, среднее значение кинетической энергии равно среднему значению потенциальной энергии, и если на одну степень свободы поступательного движения приходится кинетическая энергия ($E_K = \frac{kT}{2}$), то такая же энергия ($\frac{kT}{2}$) приходится и на потенциальную энергию (E_P). Поэтому кинетическая энергия, соответствующая одной колебательной степени свободы молекулы, равна:

$$\langle E_1^{\text{КОЛ}} \rangle = \langle E_K \rangle + \langle E_P \rangle = \frac{kT}{2} + \frac{kT}{2} = kT \quad (\text{V.1})$$

Из сказанного, можно сделать утверждение, известное как закон равнораспределения кинетической энергии по степеням свободы: если система молекул находится, например, в равновесном газообразном состоянии, то средняя кинетическая энергия, приходящаяся на каждую поступательную, вращательную и колебательную степени свободы его молекул, равна ($\frac{kT}{2}$), а средняя потенциальная энергия, приходящаяся на каждое нормальное гармоническое колебание атомов в молекуле, также равна ($\frac{kT}{2}$).

Закон равнораспределения, строгое доказательство которого дается в статистической термодинамике [251], ограничен областью применимости классического приближения. Как показано в квантовой статистике, он справедлив для поступательного движения молекул, находящихся при температуре T , если выполняется неравенство:

$$kT_{\text{ПОСТ}} \gg h^2 / 8\pi^2 m_i (N/V)^{3/2}, \quad (\text{V.2})$$

где: h и k – постоянные Планка и Больцмана, m_i – масса молекулы, N и V – число молекул и объем газа соответственно.

Для вращательного движения:

$$kT_{\text{ВР}} \gg h^2 / 8\pi^2 I, \quad (\text{V.3})$$

где: I – момент инерции молекулы, и, наконец, для колебательного движения:

$$kT_{\text{КОЛ}} \gg h\nu_0 \quad (\text{V.4})$$

где: ν_0 - частота нормального колебания.

Значение температуры, при которой выполняются указанные неравенства, отличаются друг от друга порядком величин.

Так, например, для молекул кислорода и азота, температура, при которой в суммарном энергетическом потенциале доминирует энергия поступательного движения: $T_{\text{ПОСТ}} \approx (10^{-3} \div 10^{-2})\text{К}$, вращательного: $T_{\text{ВР}} \approx (1 \div 10)\text{К}$, колебательного: $T_{\text{КОЛ}} \approx (10^3)\text{К}$.

Поэтому при комнатной температуре ($T=300\text{К}$), подчиняясь закону равнораспределения энергии, возбуждены, в основном, поступательные и вращательные степени свободы, тогда как колебательные заморожены и практически не дают никакого энергетического вклада в характер движения молекул в веществе.

В сфере своей применимости закон равнораспределения позволяет очень просто по известному числу степеней свободы (i) молекул находить их полную среднюю энергию теплового движения E :

$$\langle E \rangle = i k T / 2 \quad (\text{V.5})$$

где: $i = i_{\text{ПОСТ}} + i_{\text{ВР}} + 2i_{\text{КОЛ}}$

Отметим, что закон равнораспределения не применим к конденсированному состоянию вещества. Если же вещество находится в жидком или твердом агрегатном состоянии, то при вычислении его полной энергии $\langle E \rangle$, необходимо учитывать энергию взаимодействия молекул между собой.

Таким образом, согласно современным представлениям о природе химического превращения веществ, определяющий вклад в разрыв меж-атомарной связи в исходных соединениях привносится **колебательной энергией** фрагментов превращаемых молекул, которая составляет значительную часть запаса их кинетической энергии, и несколько в меньшей степени энергией поступательного движения и вращения [252].

Вполне очевидно, что при внешнем воздействии энергии возрастает кинетическая энергия движения молекул, и их структурных фрагментов, которая, сообразно наличию определенного значения их степеней свободы распределяется как энергия поступательного, колебательного и вращательного движений, принося соответствующий вклад в общий энергетический потенциал.

Также очевидно, как уже было изложено выше, что с повышением температуры реакционной среды и достижения ее значений $\approx (10^3)\text{К}$, основной вклад

в энергетическое состояние молекул будет приноситься их колебательным движением, энергия которого, собственно, и расходуется на разрыв химических связей.

Но тот же эффект доминирования колебательного движения молекул над поступательным и вращательным может быть достигнут не путем повышения температуры, а путем ограничения числа степеней свободы поступательного движения молекул ($i_{\text{пост}}$), например, повышением давления (уменьшением объема) вещественной системы, адсорбцией на развитой поверхности, и т.п.

В результате чего происходит трансформация энергии поступательного движения молекул в энергию колебательного движения, вплоть до концентрации энергии колебательного движения на определенных фрагментах молекулы.

Рассмотрим некоторые аспекты, касающиеся колебательных процессов, лежащих в основе химических превращений атомов (молекул).

На рис. V.3. изображена модельная ситуация пространственного смещения фрагмента превращаемой молекулы, (в нашем случае атома водорода в молекуле этана). Здесь желтые кружки, суть – атомы углерода, синие – водорода.

Так как подавляющее большинство химических превращений этана связано с разрывом связи углерод – водород в начальной стадии активации углеводорода, то представляется целесообразным рассмотреть изображенное на рисунке возвратно-поступательное (колебательное) движение в пространстве C – H фрагмента молекулы этана, характеризующееся смещением от равновесного положения на величину (S).

Данное колебательное движение должно характеризоваться соответствующими значениями частоты и амплитуды.

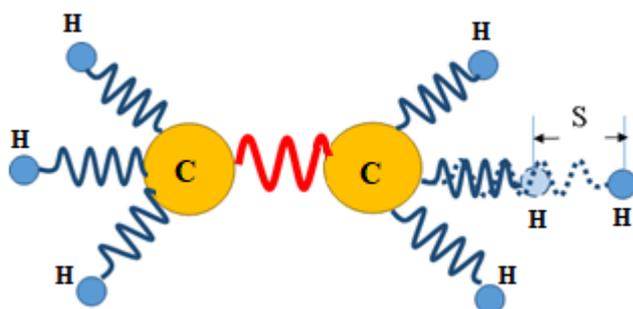


Рис. V.3. Иллюстрация активации молекулы этана по C–H связи.

Здесь: S – смещение, (амплитуда колебания) C – H фрагмента молекулы, относительно равновесного положения, имеющее линейную размерность (ангстрем, нанометр); V – скорость смещения (зависит от частоты колебаний, ν и расстояния смещения S):

$$V=S \cdot \nu, \quad (\text{V.6.})$$

где ν имеет размерность: $\frac{1}{\text{сек}}$, (Гц)

Скорость смещения при колебании С – Н фрагментов молекулы этана в возбужденном, (активированном) состоянии должна быть больше скорости смещения в не активированном состоянии, и пропорциональна энергии (E), поглощенной молекулой, массой m при ее активации :

$$V_{\text{акт}} > V_{\text{неакт}} \approx \sqrt{\frac{2E}{m}} \quad (\text{V.7.})$$

E – привносимая извне путем нагрева (энергообмена с более нагретыми частицами) кинетическая энергия, за счет которой произошло смещение (увеличение амплитуды колебания) определяется известной формулой:

$$E = \frac{mV^2}{2} = \frac{3}{2} kT, \quad (\text{V.8.})$$

где k – постоянная Больцмана ($1,380662(44) \cdot 10^{-23}$ Дж/К.), T – температура в градусах Кельвина. Для количественной характеристики колебательного движения С – Н фрагментов молекулы этана, введем понятие **амплитудно-частотного потенциала**:

$$\psi = A \cdot \nu, \quad (\text{V.9.})$$

где: A – амплитуда (смещение атома водорода, S); ν – частота колебаний (Гц, 1/сек).

По сути, амплитудно-частотный потенциал колебательного движения – это и есть его **скорость**:

$$V = \psi = A \cdot \nu \quad (\text{V.10.})$$

Подставляя (V.10.) в (V.8), имеем:

$$E = \frac{m\psi^2}{2} = \frac{m(A \cdot \nu)^2}{2} \quad (\text{V.11.})$$

Амплитудно-частотный потенциал (ψ) является характеристикой каждого из сложной совокупности колебательных движений, присущих материальным объектам, различающимся структурной иерархией, включающей молекулярные ассоциаты, отдельные молекулы, атомы, элементарные частицы и т.д.

Перемещению в пространстве каждого из обозначенных объектов соответствует собственный амплитудно-частотный потенциал формирующейся волны, параметры которой зависят от массы, размера и скорости перемещения в пространстве.

Для того, чтобы совершаемые возвратно-поступательные движения (колебания) не нарушали бы устойчивость его структуры, необходимо ограничение

их по амплитуде при определенной, фиксируемой частоте, т.е. каждая колебательная система в стабильном состоянии должна быть ограничена предельными значениями *амплитудно-частотного потенциала*.

Прочность связи атомов углерода и водорода в приведенной выше модели этана сохраняется до тех пор, пока избыток кинетической энергии колебательного движения атома водорода ($E = \frac{m(A \cdot v)^2}{2}$) не приведет к возрастанию амплитудно-частотного потенциала колебаний $\psi = A \cdot v$, вплоть до разрыва связи (рис. V.4).

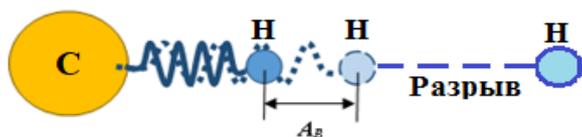


Рис. V.4.. Иллюстрация разрыва С–Н связи в молекуле этана

Совокупность возвратно-поступательных, а также вращательных движений и колебаний, происходящих в веществе и их интенсивность (скорость) определяет величину совокупного (обобщенного) амплитудно-частотного потенциала:

$$\Sigma \Psi = \Sigma A_i \cdot v_i, \quad (V.12.)$$

который, не превышая определенных величин (квалифицируемых как энергия связи), внешне проявляется в виде различной степени нагрева тела и, как это вытекает из подстановки (IV.11) в (IV.8), может быть определен путем измерения температуры:

$$T = \frac{m(\Sigma \Psi)^2}{3k} = \frac{m(\Sigma A_i \cdot v_i)^2}{3k} \quad (V.13.)$$

Если же мы достигаем в результате энергообмена величины амплитудно-частотного потенциала, соответствующего энергии колебательного движения (V.11.) равной или превышающей энергию связи структурных фрагментов в молекулах вещества, то будет иметь место разрыв связи и последующее химическое превращение.

Иными словами, разрыв межатомных связей в молекулах наступает тогда, когда энергия **колебательного** движения фрагментов молекул и, соответствующий амплитудно-частотный потенциал ($\psi = A_i \cdot v_i$), достигают такой предельной величины смещения (A_i), когда на определенной, фиксированной частоте колебаний (v_i) наступает так называемая «точка не возврата». Т.е. «отрывающийся» фрагмент молекулы (атом, радикал, и т.п.) с массой m приобретает такой величины импульс движения $P = m \cdot v$, при котором сила удерживающая этот фрагмент в прежней структуре молекулы (энергия связи) не достаточна для его торможения и возвращения в исходное положение.

Принимая во внимание закон сохранения энергии, можно допустить, что дополнительная энергия, поглощенная термически активированной молекулой может привести к увеличению кинетической энергии колебательного движения ее структурных фрагментов, а, следовательно, и к росту амплитудно-частотного потенциала их колебания (ψ). При этом, если амплитуда колебаний не имеет пространственных ограничений, то соответствующее возрастание амплитудно-частотного потенциала колебания (ψ) должно произойти за счет увеличения собственно амплитуды колебания (A_i).

Таким образом, происходит трансформация колебательного движения фрагмента молекулы в его поступательное движение, за счет разрыва межатомной связи.

Если же амплитуда колебательного движения встречает пространственные ограничения, например, давление (сжатие), то при поглощении энергии, трансформация (рост) амплитудно-частотного потенциала (ψ) и разрыв связи будет происходить за счет увеличения частоты колебаний (ν_i).

Так, из приведенных уравнений (V.9) и (V.10) видно, что скорость колебания фрагмента С – Н молекулы этана пропорциональна смещению (амплитуде колебания), умноженному на частоту. Следовательно, ускорение колебательного движения будет равно смещению, умноженному на квадрат частоты.

$$a = A\nu \cdot \nu^2 \quad (\text{V.14.})$$

Это означает, что большие смещения на высоких частотах должны сопровождаться очень большими скоростями и чрезвычайно большими ускорениями.

Представьте, например, вибрирующий объект, который испытывает смещение в 1 мм с частотой 100 Гц. Максимальная скорость такого колебания будет равна 100 мм/с, а ускорение будет составлять $10000 \text{ мм/с}^2 = 10 \text{ м/с}^2 \approx g$ (g – ускорение свободного падения).

Если частота вибрации объекта возрастет до 1000 Гц, т.е. в 10 раз, то скорость также возрастет в 10 раз, в то время, как ускорение возрастет в 100 раз и составит $\approx 100 g$.

Таким образом, мы видим, что высокие частоты не могут сопровождаться большими смещениями, поскольку возникающие в этом случае огромные ускорения вызовут разрушение системы.

При устранении влияния пространственных ограничений на возрастание амплитуды колебания может происходить обратная трансформация амплитудно-частотного потенциала (V.9.), а именно возрастание амплитуды (смещения) при снижении частоты колебаний.

V.1. Открытые, закрытые и изолированные материальные системы. Взаимосвязь с окружающей средой

Говоря о внутри системных явлениях, и взаимодействии материальных систем с окружающей средой, важно определить вид самих систем. Обычно различают три вида систем: **изолированные, закрытые, и открытые**.

Изолированные системы – это системы, которые не обмениваются ни веществом, ни энергией, ни информацией с окружающей средой, либо потому, что они удалены от любой другой системы, либо потому, что они имеют барьеры, которые уменьшают (или, в идеале, предотвращают) сообщение между внутри-системной и внешней средой. Например, колба термоса для горячей воды предназначена для того, чтобы максимально замедлить, (полностью предотвратить это невозможно) остывание жидкости внутри сосуда, тем самым минимизируя теплопотери вещества.

Закрытые системы – это те, которые свободно обмениваются с окружающей средой энергией (но не веществом). Такая энергия может быть поглощена системой в виде тепла, электромагнитного излучения или произведенной над системой работы. Например, электрическая лампочка – это закрытая система, в которую не входит и не выходит ни одна частица материи, но электрическая энергия поглощается, а световая энергия извлекается взамен.

Открытые системы – это те, которые свободно обмениваются веществом, энергией и информацией с внешним миром. Открытые системы имеют важное значение не только в физике, но и в общей теории систем, биологии, информации, и т.п. Биологические, социальные и экономические системы необходимо рассматривать как открытые, поскольку их связи со средой имеют первостепенное значение при их моделировании и описании. При определённых условиях открытые системы могут достигать стационарного состояния, в котором их структура или важнейшие структурные характеристики остаются постоянными, в то время как система осуществляет с окружающей средой обмен веществом, информацией или энергией – этот процесс называется гомеостазом [253]. Открытые системы в процессе взаимодействия со средой могут достигать так называемого эквифинального состояния, то есть состояния, определяющегося лишь собственной структурой системы и не зависящего от начального состояния среды. Такие открытые системы могут сохранять высокий уровень организованности и развиваться в сторону увеличения порядка и сложности, что является одной из наиболее важных особенностей процессов самоорганизации материи.

Примечательно, что изолированные и закрытые системы, с относительно **низким** порядком структурной организации, неорганического и органического происхождения, т.е. системы, характеризующиеся **отсутствием** какого-либо существенного вещественного, энергетического и информационного взаимодействия с окружающей средой, проявляют **большую** структурную устойчивость во времени.

Альтернативным условием устойчивого состояния произвольно выделенных атомно-молекулярных фрагментов подобных систем является максимальная синхронизация всех видов движения указанных фрагментов и окружающей их среды, а это эквивалентно нахождению **подобного в подобном**.

В качестве одного из множества примеров можно привести **рост** коррозионной устойчивости металлов при их изоляции от окружающей среды и снижение коррозионной устойчивости при разрушении изоляции (рис. V.5).



Рис. V 5. Подверженный коррозии металл, после разрушения изоляционного покрытия.

Последний факт свидетельствует о большем энергетическом потенциале, сосредоточенном на поверхности раздела материальных систем и окружающей среды и обеспечивающий высокую скорость поверхностного взаимодействия.

Различные значения энергетических потенциалов объектов на их границе с окружающей средой и в глубинных слоях, в известной степени связаны с нарушением **синхронизации** колебательно-вращательного движения их структурных фрагментов.

Разность потенциалов убывает с проникновением вглубь материальной системы, что обусловлено возрастающей степенью синхронизации параметров движения всех составных элементов этой системы. Другими словами, интенсивность противодействия внутренних сил системы внешнему воздействию окружающей среды возрастает с увеличением ее линейных размеров, в следствие

снижения отношения взаимодействующей поверхности материальной системы к ее объему.

В рассмотренном примере проявления т.н. внутренних сил, определяющих динамику движения в пространстве структурных элементов системы, как правило, **синхронизированы**, что является своеобразным фактором противодействия внешним силам, определяющим **асинхронный** по отношению к системе характер движения в пространстве структурных элементов окружающей среды.

Примечательно, что чем многочисленней в количественном отношении наличие синхронизированных в своем движении структурных элементов системы, тем большую **устойчивость** к воздействию окружающей среды во времени она приобретает.

Напротив, высокоорганизованные системы органической природы, а также организмы проявляют бóльшую стабильность и сохраняют свои функции в случае, когда они представляют «открытую» систему, для стабильного функционирования которой необходимо постоянное обменное взаимодействие с материальной, энергетической и информационной составляющей внешней среды (рис. V.6).

Например, растения прекращают рост, гибнут, если прекратить их полив, резко изменить температуру окружающей среды, или прервать приток световой энергии. Система пищеварения организмов перестанет функционировать если заблокировать хотя бы один из трёх, обозначенных выше типов вещественного, энергетического и информационного обмена с окружающей средой.

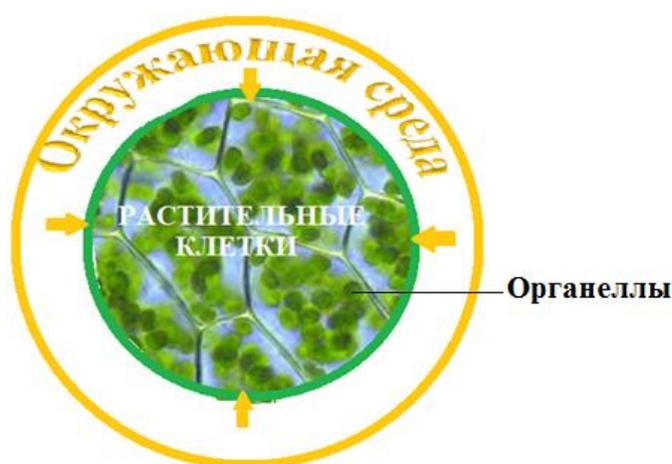


Рис. V. 6. Растительные клетки под воздействием окружающей среды.

К приведенным примерам также можно причислить все эффекты самоорганизации в неодушевленной и одушевленной среде: направленное структури-

рование в процессах кристаллизации, высокоизбирательное химическое превращение, биологическая эволюция, возникновение и развитие человеческого общества, и т.п.

Проявление так называемых **внутренних сил**, определяющих устойчивость таких сложно-структурированных систем, какими являются **социальные системы**, как правило, также определяется уровнем их **синхронизации**, что можно квалифицировать, как своеобразный фактор противодействия внешним силам, направленным на **десинхронизацию** (дестабилизацию) условий существования тех или иных социальных объектов (рис. V.7).



Рис. V. 7. Социальная система под воздействием дестабилизирующего окружения

Напомним, что Социальная система – это совокупность социальных явлений и процессов, которые находятся в отношениях и связи между собой и образуют некоторый социальный объект.

Этот объект выступает как единство взаимосвязанных частей (элементов, компонентов, подсистем), взаимодействие которых между собой и с окружающей средой обуславливают его существование, функционирование и развитие как целого. Любая система предполагает наличие внутренней упорядоченности и установление границ, отделяющих её от других объектов.

Иными словами, любая социальная система предполагает наличие внутренней упорядоченности и установление **границ**, отделяющих её от других, сопредельных, социальных объектов. Прочность таких границ обуславливает устойчивое существование субъектов социальной системы, функционирование и развитие ее, как целого.

Возникновение упомянутых границ является проявлением **самоорганизации** того или иного социума. Вектором подобной самоорганизации, зачастую, является **национальная идентичность**.

ГЛАВА VI

ТЕОРИЯ БЕСКОНЕЧНОЙ ДЕЛИМОСТИ МАТЕРИИ

То, что материя делится до бесконечности, утверждали ещё Аристотель и Анаксагор – яркие представители античной философской мысли.

«В каждой частице, какой бы малой она ни была, «есть города, населённые людьми, обработанные поля, и светит солнце, луна и другие звёзды, как у нас», – провозглашал греческий философ Анаксагор в своём труде о **гомеомериях** в V веке до нашей эры [254].

Значительно позже, Готфрид Лейбниц в своей **Монадологии** (1714г), повествующей о простых субстанциях, не имеющих частей, констатировал: «Каждая часть материи не только способна к бесконечной делимости, как полагали древние, но, кроме того, действительно подразделена без конца – каждая часть на части, из которых каждая имеет свое собственное движение; иначе не было бы возможно, чтобы всякая часть материи была в состоянии выражать весь универсум» [255].

И далее: «Отсюда мы видим, что в наималейшей части материи существует целый мир творений, живых существ, животных, энтелехий (внутренних сил) и душ.

Всякую часть материи можно представить наподобие сада, полного растений, и пруда, полного рыб. Но каждая ветвь растения, каждый член животного, каждая капля его соков есть опять такой же сад или такой же пруд. И хотя земля и воздух, находящиеся между растениями в саду, или вода – между рыбами в пруду не есть растение или рыба, но они все-таки опять заключают в себе рыб и растения, хотя в большинстве случаев последние бывают так малы, что неуловимы для наших восприятий».

Естественно, что представления ученых древности о структурных особенностях продуктов деления материи основывались на придании им свойств наблюдаемого разнообразия объектов окружающей природы. При этом считалось, что независимо от масштабной иерархии этих объектов, они формируются по единым законам Природы. И эти законы подлежат доступной форме математического описания.

Поэтому мысль о том, что явления реального мира могут подчиняться математическим законам, также возникла еще в античности. Конечно, язык математики тех времен был достаточно беден по сравнению с современным, его «словами» были числа и геометрические фигуры. Но уже тогда правила геомет-

рии, применяемые при разметке, например, участков земли или при строительстве, в астрономических расчетах или в торговле давали точный ответ и никогда не подводили. Язык чисел и фигур был достаточно выразительным и универсальным, он позволял действительно находить то общее, что проявляется во многих явлениях реальности, на первый взгляд, казалось бы, совершенно не связанных между собой.

Предсказательная сила, содержащаяся в математических моделях, в древности настолько поражала ум (да и сейчас поражает, несмотря на привычку к современным техническим чудесам), что в числах и геометрических фигурах видели **тайный мистический смысл**.

Пифагор учил: «Что самое мудрое? – Число». Филолай из Кротона, его ученик, писал: «Все, что познаваемо, имеет число, без него ничего нельзя ни помыслить, ни познать». Платон (в диалоге «Парменид, или об идеях»), а за ним и неоплатоники, в частности, Прокл Диадок, выстраивают иерархию Космоса от Единого через «сверхсущие» единицы - непознаваемых богов (по сути, через числа) к «сущим», т. е. умопостигаемым богам [256].

Числа в древности несли в себе не только обозначение количества, но и великие принципы - Единство, Двойственность, Троичность и т. п., – свойственные всему Мирозданию. Пользуясь числами как символами, античные философы описывали процесс рождения Космоса, т. е. то, как из Единого (обозначаемого единицей) возникает множественность форм.

Чтобы оценить количественно то или иное свойство объекта, надо задать единицу измерения, эталон, например, эталон длины или веса, – и определить способ подсчета количества эталонов, содержащихся в измеряемом объекте.

Так, для определения расстояния между пунктами А и Б нужно подсчитать количество метров, укладываемых в отрезок прямой, соединяющей точки А и Б, для нахождения веса предмета нужно уравновесить его на коромысле весов с набором гирь в 1 грамм и подсчитать их количество. Приняв за эталон высоты звука единицу длины звучащей струны, натянутой с определенной силой, можно измерить высоту любого звука, приписывая ему длину струны, звучащей в унисон.

Итак, пользуясь эталонами и сравнением, вместо объектов реального мира можно исследовать их абстрактную числовую модель, обобщающую свойства целого класса «похожих» объектов, явлений, процессов.

Нельзя ли на этом пути дойти до платоновского Мира Идей, отражением которого является наш воплощенный в действительность – реальный мир?

Ведь как было бы замечательно! Есть идеальный план мира и есть его реальное воплощение. И соответствие этих миров можно было бы проверить, имея единый эталон для измерения их качеств и сравнивая числа.

Но вот беда: количественные выражения зависят от эталона, как зависит расстояние между пунктами А и Б от того, в каких единицах мы будем его измерять – в метрах, футах или локтях.

А эталон-то выбирает человек, а не Бог, и, значит, полученная модель будет отражать не высшие принципы, а, скорее, наши собственные предпочтения в выборе эталонов.

Да к тому же и измерения в мире идеальном для нас недоступны...

Но если миры похожи, то в них подобны не только все элементы, но и соотношения между ними.

А ведь отношения величин, измеренных в одних и тех же единицах, уже не зависят от эталона – этому нас учили еще в средней школе.

Действительно, если расстояние от пункта А до пункта Б в семь раз больше, чем от А до В, то их отношение, равное в данном случае семи, сохранится для расстояний, измеренных и в локтях, и в стадиях! Значит, идеальность мира откроется в пропорциях – отношениях измеряемых количеств.

В результате, принципы единства явлений природы следует искать в законах пропорций. Если что-то построено по божественным, идеальным законам, то это выражается в отношении количеств, и пропорции любого естественно существующего объекта должны быть идеальны.

Еще одним ярким примером пропорции, закрепляющей наглядное чувство гармонии в строгих фиксированных математических законах, является так называемое **отношение золотого сечения**.

Первое формальное его определение содержится в «Началах» Евклида: «Говорят, что отрезок прямой разделен лучшим образом, пропорционально, если целая часть так относится к большей части, как большая к меньшей» [257].

Отношение золотого сечения встречается и в природных объектах – в пропорциях человеческого тела, в строении раковины улитки, в рисунке паутины, – и в искусстве – архитектуре, живописи, скульптуре, музыке.

Построение художественного произведения по законам золотой пропорции стало синонимом его совершенства: Парфенон в Афинах, храм Василия Блаженного в Москве, дворец Ширван-шахов в Баку, скульптуры Фидия, полотна Боттичелли, Рафаэля, Леонардо да Винчи, фуги Баха, сонаты Бетховена – везде в своем роде присутствует золотое отношение.

Таким образом, по мнению древних мыслителей: «Во Вселенной нет ничего невозделанного, или бесплодного: нет смерти, нет хаоса, нет беспорядочного смещения, разве только по видимости: почти то же кажется нам в пруду на некотором расстоянии, с которого мы видим перепутанное движение рыб и, так сказать, кишение их, не различая при этом самих рыб. Отсюда видно, что у каждого живого тела есть господствующая **энтелехия**, которая в животном есть душа; но члены этого живого тела полны других живых тел, растений, животных, из которых каждое имеет опять свою энтелехию, или господствующую душу» [258].

В основу космологических представлений немецкого философа, родоначальника немецкой классической философии, Иммануила Канта – легло признание существования бесконечного количества звёздных систем, которые могут объединяться в системы более высокого порядка.

В то же время, каждая звезда со своими планетами и их спутниками образует систему подчинённого порядка [259].

Вселенная, следовательно, не только пространственно бесконечна, но и структурно многообразна, поскольку в состав её входят космические системы разных порядков и размеров.

Выдвигая это положение, Кант приближался к идее о структурной бесконечности Вселенной, которая получила более полное развитие в космологическом учении современника Канта, – немецкого физика, философа, математика и астронома Иоганн Генрих Ламберта [260].

Ирландский учёный–физик Фурнье Д’Альба в 1907 году в своей работе «Два новых мира: **Инфра-мир** и **Супра-мир**» высказал точку зрения, что иерархическая лестница Мироздания простирается также вовнутрь материи в сторону уменьшения [261].

Главный тезис этой работы заключался в том, что: «уменьшив масштаб в определенное измеримое число раз, мы откроем **Новую Вселенную**, построенную по образцу, сходному с **нашей Вселенной**. Увеличив же масштаб нашей Вселенной в соответствующем размере, мы также найдем другую, аналогичную **Макро-Вселенную**.

У Фурнье Д’Альба знаменатель прогрессии, то есть отношение линейных размеров звезды и атома или размеров звезды супрамира и звезды данного уровня материи, являющейся атомом супрамира, выражается числом 10^{22} . Такое соотношение пространственных размеров Фурнье Д’Альба распространил и на

время. Одна секунда на «нулевом» уровне, по его мнению, равна сотням триллионов лет в Инфра-мире, а секунда в Супра-мире равна сотням триллионов земных лет.

Логическое обоснование своих представлений о Инфра- и Супра-мирах Фурнье Д'Альба строит на весьма убедительных для того времени экспериментах, таких, как проецирование на экран изображения капли стоячей воды при сильном увеличении.

При направленном освещении капли, взятой из естественного водоема, на экране предстает интенсивная и многообразная жизнь, тысяч маленьких существ, которыми наполнен этот водный микрокосм.

Как не были бы малы эти существа, они не представляют крайнего предела микроскопического зрения.

Относительно масштабной иерархии Мира он высказывает следующую мысль: «Но чем мы гарантированы от того, что прибор гораздо большей силы, чем микроскоп – настолько же превосходящий последний, насколько микроскоп превосходит невооруженный глаз, что такой прибор не раскроет новых миров, наполненных неподозреваемой до сих пор жизнью, которую, может быть, труднее разрушить, чем жизнь крошечных организмов из капли воды из пруда».

На основании проведенных экспериментов с проекционным микроскопом Д'Альба утверждает: «И если бы мы уменьшились в размерах настолько, что могли бы жить на электроде так, как теперь живем на Земле, мы измеряли бы все предметы, сравнивая их с нашими размерами или с размерами нашего электрона, а время измеряли бы вращением нашего электрона вокруг оси, или обращением его вокруг центрального атома».

Весьма оригинальную идею о соотношении времени в макро и микромире Д'Альба также излагает на основании сопоставления периодов обращения Земли и электронов по соответствующим орбитам: «Период обращения Земли вокруг Солнца равен $\approx 3 \times 10^7$ секунд (= одному году), тогда как период обращения электрона в среднем составляет 2×10^{-15} сек. Отношение этих двух периодов равно $1,5 \times 10^{22}$, т.е., по существу, то же, что и отношение диаметров орбит».

Относительно пространственных измерений в Инфра-мире Д'Альба полагает целесообразность использования понятия **инфра-сантиметр**, равный $1/10^{22}$ части земного сантиметра. **Итак, в Инфра-мире (Микромире) пространство и время уменьшены в одинаковом отношении.»**

В итоге Д'Альба предлагает следующую таблицу единиц измерения в двух Мирах:

Таблица VI.1

Соотношение физических величин в Супра- и Инфра-мире

ИЗМЕРЯЕМАЯ ВЕЛИЧИНА	СООТНОШЕНИЕ ВЕЛИЧИН	
	СУПРАМИР	ИНФРАМИР
Длина	Метр	$1/10^{22}$
Время	Секунда	$1/10^{22}$
Скорость (без изменений)	1м/с	1м/с
Масса	Кг	$1/10^{55}$
Поверхность	$м^2$	$1/10^{44}$
Объем	$м^3$	$1/10^{66}$
Механическая сила	$кг \cdot м/с^2$	$1/10^{33}$

Далее он утверждает: «Этот интересный факт оправдывает название Инфра-мира. Он показывает, что Мир, в котором электрон эквивалентен Земле – есть реальный Микрокосм, видимая Вселенная, в почти непостижимо малом масштабе, но условия которой, тем не менее, очень схожи с нашими.

Отсюда следует концепция, что микромир не просто на много десятков порядков меньше нашего, но в нем все проявления масштабированы пропорционально, и прежде всего время, в отличие от макромира на много порядков скоротечнее.

Только благодаря такой диспропорции времени мы можем фиксировать явления как действительно сбывшиеся, а не принадлежащие порядку постоянного становления, который был бы **непознаваем**, если бы мы допускали существование только нашего мира и тем самым заявили себя приверженцами монизма (философский термин, согласно которому разнообразие природных явлений или процессов в конечном счёте сводится к единому началу, **перво-материи** или субстанции».

Примечательно, что в своих высказываниях, Д'Альба предполагает отчасти ограничить математику в физике, так как само сопоставление масштабов лишается всякой эвристической силы, оно ничего не объясняет, а только предстает в своей фактичности.

Но это позволяет ему неожиданным образом предположить своеобразное «переселение душ» из одного мира в другой, раз наша предшествующая жизнь в инфрамире длилась доли секунды – этот масштаб столь несуществен, и сходство между первой и второй жизнью настолько невозможно заметить, что такое предположение не может быть опровергнуто физикой.

ГЛАВА VII

САМОПОДОБИЕ, САМООРГАНИЗАЦИЯ МАТЕРИИ И ФРАКТАЛЬНАЯ ПАРАДИГМА МИРОЗДАНИЯ

Возникшее в середине XX века направление в науке, получившее название «синергетика» (от греческого «synergeia» – совместное действие, сотрудничество, кооперация), сразу привлекло внимание широкого круга ученых, поскольку затронуло проблемы, находящиеся в фокусе внимания как естественных, так и гуманитарных наук. Можно сказать, что в рамках синергетики сделано фундаментальное открытие: вся материя во Вселенной, начиная от физического уровня организации и заканчивая биологическим и социальным, обладает свойством самоорганизации, саморазвития. При этом алгоритмы самоорганизации в системах разной природы, как оказалось, имеют много общего. Один из основоположников неравновесной термодинамики бельгийский физик русского происхождения И. Пригожин заговорил о переоткрытии времени в современной науке. То есть, если в классической физике время рассматривалось в качестве «вспомогательного параметра, нумерующего последовательность событий», то в новой науке исследуется структура и направленность времени, его необратимость в процессах самоорганизации. Все это послужило отправной точкой для разработки новой эволюционной картины мира, описываемой ранее не известными математическими законами.

Мысль о том, что явления реального мира могут подчиняться математическим законам, возникла еще в античности. Язык математики тех времен был достаточно беден по сравнению с современным, его основой были числа и геометрические фигуры. Но уже тогда правила геометрии, применяемые при разметке участков земли или при строительстве, правила действия с числами при подсчете урожая, в астрономических расчетах или в торговле давали точный ответ и никогда не подводили. Язык чисел и фигур был достаточно выразительным и универсальным, он позволял действительно находить то общее, что проявляется во многих явлениях реальности, на первый взгляд, казалось бы, совершенно не связанных между собой.

Однако, все мы чуть ли не с детских времен знаем, что окружающие нас реальные предметы вещественного мира не так идеальны как геометрические фигуры, и нам иногда кажется, их контуры не прямолинейны, и что в Природе нет идеально правильных плоских поверхностей и тел.

Нет идеальных цилиндров, сферических поверхностей, шаров. Наш земной шар ограничен сферой, на которой мы живем, но и это не регулярная, а

всюду изрезанная горными хребтами, низинами, оврагами и пещерами поверхность. Любая ее часть, которая в нашем макро-масштабе кажется регулярной, при ее увеличении оказывается разбросанной в пространстве. Сказанное относится не только к окружающим нас физическим объектам, но ко всем без исключения телам и процессам во Вселенной. Нет ни идеально упорядоченных движений, ни строго прогнозируемого поведения объектов, ни определенных их состояний.

В действительности все вещи, от небесных тел, до атомов и элементарных частиц, не имеют правильной геометрической формы. Они неровны, «размазаны» в пространстве, шершавы и шероховаты, изрезаны, изъязвлены множеством отверстий и хребтов, самой причудливой формы, пронизаны трещинами и порами, покрыты сетью морщин, извилин, изъязнов. Только в масштабе макромира, сравнимого с нашим собственным масштабом, они кажутся сплошными.

По мере проникновения в микромир или космос количество вещества относительно пустоты непрерывно уменьшается. В масштабе около 10^{-18} м вещество становится вакуумно-подобным, а в космосе оно наблюдается нами, как совокупность точечных светящихся звезд, галактик и их скоплений, погруженных в пустоту.

Это прямой результат **фрактальности** Мира. [262]. В той же мере, механические движения и фазовые траектории более сложных процессов нерегулярны, хаотичны, являются прототипом броуновского движения, хаотического движения молекул и других хаотических, т.е. нерегулярных процессов.

Эта нерегулярность является следствием неопределенности. Кажущиеся нам определенными состояния – это не состояния вещей, а усредненные нашим мозгом плавные огибающие совокупностей их неопределенных состояний. В природе нет ни полной симметрии, ни полной асимметрии. Нет отделенного от хаоса порядка или отделенного от порядка хаоса. Жизнь и смерть существуют только вместе.

Нет ни точечных или строго локализованных корпускул, ни бесконечных в пространстве и времени волн.

Все реальные вещи обладают корпускулярно-волновым дуализмом. Нет, по нашему мнению, ни отдельной от разума материи, ни отдельного от материи разума. Разделение существующих в единстве противоположных взаимно компенсирующих друг друга свойств, лежащее в основе представлений о регулярности, – это не свойство бытия, а функция живых клеток, лежащая в основе мозговой деятельности.

Возникшее в середине XX века направление в науке, получившее название «синергетика» (от греческого «synergeia» – совместное действие, сотрудничество, кооперация), сразу привлекло внимание широкого круга ученых, поскольку затронуло проблемы, находящиеся в фокусе внимания как естественных, так и гуманитарных наук. Можно сказать, что в рамках синергетики сделано фундаментальное открытие: вся материя во Вселенной, начиная от физического уровня организации и заканчивая биологическим и социальным, обладает свойством самоорганизации, саморазвития. При этом алгоритмы самоорганизации в системах разной природы, как оказалось, имеют много общего.

Самоподобным считается объект, в точности или приближенно совпадающий с частью себя самого (то есть целое имеет ту же форму, что и одна или более его частей).

Самоподобие отображает иерархическую сущность самоорганизации материального мира на всех уровнях его существования: от самых малых до огромных масштабов.

Обозначением, или символом **самоподобия** в современной физике и математике является относительно недавно возникшее геометрическое понятие «**фрактал**».

Объекты, которые сейчас называются фракталами, впервые появились в математике при развитии понятий «линия», «плоская фигура» и т. п.: к ним относятся такие фигуры, которые нельзя назвать ни линией, ни поверхностью в полном смысле слова. Примером такого объекта является **кривая Коха**, названная в честь датского математика Хельге фон Коха [263].

Кривая Коха является типичным геометрическим фракталом. Процесс её построения выглядит следующим образом: берём единичный отрезок, делим на три равные части и заменяем средний интервал равносторонним треугольником без этого сегмента (рис. VII.1). В результате образуется ломаная, состоящая из четырёх звеньев $1/3$ длины исходной прямой. На следующем шаге повторяем операцию для каждого из четырёх получившихся звеньев и т. д... Предельная кривая и есть кривая Коха.

Как видно, она получается из отрезка прямой последовательной заменой каждого прямолинейного участка на ломаную линию путем «вытягивания» средней трети исходного отрезка до равностороннего треугольника.

Повторяя такую процедуру (итерацию) бесконечное число раз, в пределе мы получим конечную «линию», соединяющую две точки, имеющую бесконечную длину.

Пусть длина исходного отрезка равна 1. На каждом шаге построения мы заменяем каждый из составляющих линию отрезков на ломаную, которая в $4/3$ раза длиннее. Значит, и длина всей ломаной на каждом шаге умножается на $4/3$: длина линии с номером n равна $(4/3)^{n-1}$. Поэтому предельной линии ничего не остается, кроме как быть бесконечно длинной.

Для привычных нам линий такое свойство кажется экзотичным и неправдоподобным.

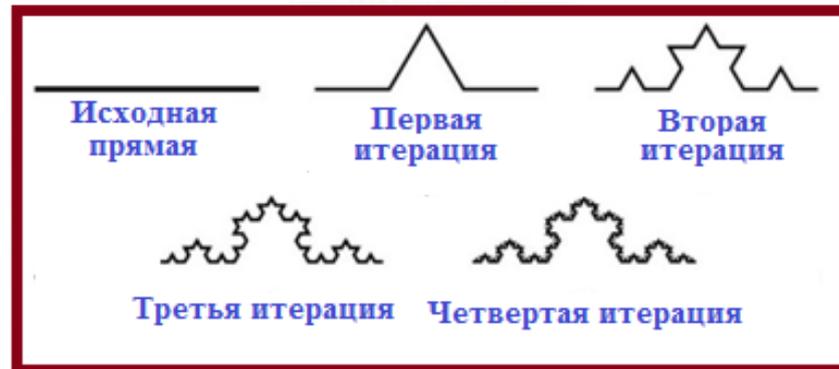


Рис. VII.1. Иллюстрация построения кривой Коха – фрактальной кривой, описанной в 1904 году шведским математиком Хельге фон Кохом.

Рисунок VII.2 наглядно показывает, как по шагам строится так называемая «снежинка» Коха: две итерации, произведенные над исходным треугольником, превращают его в снежинку.

Первая итерация – превращение начальной формы в виде равностороннего треугольника. Потом он делится на три равные части, центральная достраивается до правильного треугольника и затем выкидывается. Получается вторая итерация – ломаная линия, состоящая из четырех отрезков. К каждому из них применяется такая же операция, и производится следующий шаг построения.

Продолжая данные построения, можно получать всё новые и новые линии (все они будут ломаными). А то, что получится в пределе – это уже будет воображаемый объект, называемый **снежинкой Коха**.



Рис. VII.2. Формирование т.н. «снежинки Коха» путем итераций начальной формы.

Нами была предпринята попытка, с помощью компьютерных графических программ изобразить своеобразную модель фрактала – фигуры, обладающей свойством само-подобия (рис.VII.3.). При этом, объект считается само-подобным, если одна или более его частей похожа на его целое. Тогда, количество повторяющихся частей у фрактала стремится к бесконечности – этим он отличается от само подобных геометрических фигур с конечным числом звеньев, так называемых **пред-фракталов**.

Отсюда следует тот факт, что **самоподобие** геометрических фигур достигается **изменением масштаба оригинала** как в сторону увеличения ($k > 1$), так и в сторону уменьшения его размеров ($k < 1$).

Самоподобие пронизывает все уровни организации, существования и фиксации устройства материального мира, т.е. имеет место т.н. **скейлинг** (или масштабная инвариантность), которая является важной характеристикой природных объектов. Самоподобие может быть детерминированным и хаотическим, непрерывным (траектория движения броуновской частицы) или дискретным (русские матрёшки).



Рис.VII.3. Иллюстрация самоподобной фигуры (фрактала), структурная особенность которого представляет собой повторение исходной позиции – руки **n** - **ое** количество раз в в уменьшенном масштабе.

Принцип самоподобия мироздания получил свое развитие в работах американского физика литовского происхождения – Бенуа Мандельброта – создателя математической теории простых иерархических (рекуррентных) само подобных множеств.

Для описания данных систем именно он впервые вводит новый термин – **фрактал** (от лат. *fractus*, означающего «сломанный, разбитый») [264].

Используя находящиеся в его распоряжении компьютеры IBM, Мандельброт создал приведенные графические изображения, сформированные на основе предложенного им т.н. **множества Мандельброта** - множества точек c на комплексной плоскости, для которых рекуррентное соотношение $Z_{n+1} = Z^2 + C$, при $Z = 0$, задаёт ограниченную последовательность. Иными словами, это множество таких C , для которых существует такое действительное R , что неравенство выполняется при всех натуральных n .

Визуально множество Мандельброта выглядит как набор бесконечного количества различных фигур, самая большая из которых называется **кардиоидой** (она похожа на стилизованное изображение сердца и получила свое название от двух греческих слов – «сердце» и «вид»). Кардиоида окружена всё уменьшающимися кругами, каждый из которых окружен еще меньшими кругами, и т. д. до бесконечности. При любом увеличении этого фрактала будут выявляться всё более и более мелкие детали изображения, дополнительные ветки с более мелкими кардиоидами, кругами. И этот процесс можно продолжать бесконечно.

Множество Мандельброта, благодаря своим цветным визуализациям является одним из самых ярких из известных фракталов. Хотя фрагменты этих фракталов не строго само подобны, но при многократном увеличении их части становятся более похожими друг на друга (рис. VII.4.)

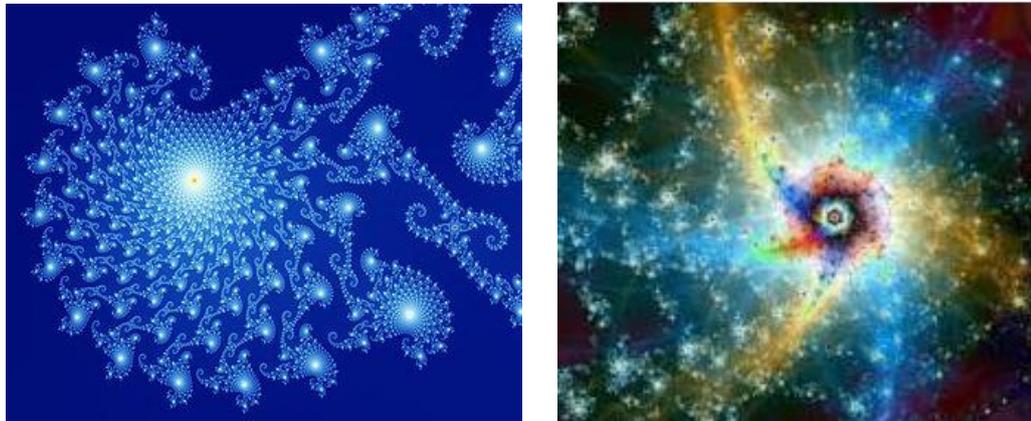


Рис. VII.4. Фрактальная геометрия Вселенной (компьютерная графика).

Многообразие фракталов было описано Мандельбротом в 1975 году в его книге «*Les Objets Fractals: Forme, Hasard et Dimension*» («Фрактальные объекты: форма, случайность и размерность»). В этой книге Мандельброт впервые использовал термин «фрактал» для обозначения математического феномена, демонстрирующего столь непредсказуемое и удивительное его поведение.

Космологические и философские взгляды Мандельброта в исторической перспективе хорошо отображены в его неопубликованной записке «Два наследия великой цепи бытия» и в книге, написанной совместно с Юрием Барышевым и Пеккой Теерикорпи – «Фрактальная структура Вселенной» [265].

Современная интерпретация фрактальной идеи о бесконечной делимости материи сформировалась, также, в ряде работ независимого американского исследователя, преподавателя колледжа Амхерста (штат Массачусетс, США) Роберта Ольдершоу, который следуя **Теории бесконечной вложенности материи** или **Фрактальной теории** с 1978 года развивал модель космологического самоподобия (The Self-Similar Cosmological Model) [266].

Данная теория – в противоположность атомизму, является альтернативной философской, физической и космологической теорией, не входящей в стандартные академические области науки. Теория бесконечной вложенности материи основывается на индуктивных логических выводах о строении наблюдаемой Вселенной.

Метафизическая школа, изучающая данную теорию, сосредотачивается на фундаментальных организационных принципах природы и называет данную концепцию **Дискретная Фрактальная Парадигма**, которая в последствии преобразовалась, и получила распространение как **Дискретная, само-подобная, космологическая парадигма** [267].

Эта парадигма подчеркивает иерархическую организацию природных систем, от наименьших наблюдаемых элементарных частиц, до наибольших видимых кластеров Галактик.

В качестве иллюстрации гипотетического (фрактального) подобия микро и макромиров, в литературе приводятся снимки кольцевидной Галактики, сделанные посредством телескопа, Хаббл [268].

На рис. VII.5. приведен снимок этой Галактики, т.н. **Объекта Хогга**, открытого в 1950г. американским астрономом Артуром Хоггом [269]. Изначально он считал её планетарной туманностью, но впоследствии решил, что обнаруженный объект есть ни что иное, как Галактика.

Есть несколько теорий происхождения кольцеобразных галактик. Согласно самой распространенной, они в результате прохождения одной небольшой галактики сквозь центр крупной галактики, имеющей плоскую форму. В этом случае маленькая галактика, как пуля в мишень, будет вле-

тать в крупную галактику. Для звезд «галактики-мишени» возникнет дополнительная сила притяжения к звездам «галактики-пули», и эта сила будет расти по мере приближения галактик друг к другу. Звезды под воздействием новой силы начнут дополнительно притягиваться к новому источнику тяготения и развивать дополнительную скорость.

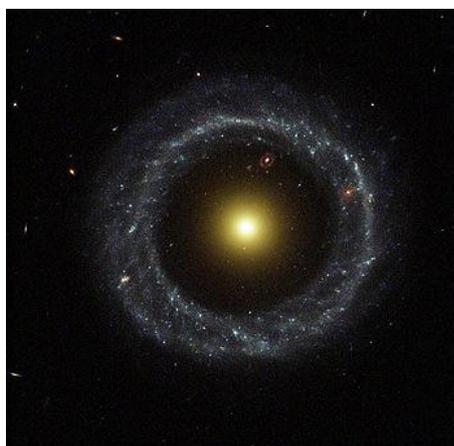


Рис. VII.5. Объект Хогга – кольцообразная галактика в созвездии Змеи. Названа в честь открывателя – американского астронома Артура Хогга.

Фрактальность является одним из самых важных принципов Мироздания, в котором процессы повторяются на различных уровнях.

Фракталы – не просто красивое природное явление. Существует мнение, что при созерцании фракталов в лобной коре головного мозга всего за одну минуту увеличивается активность альфа-волн – как во время медитации или при ощущении легкой сонливости [270].

Рассматривание фракталов оказывает на человека умиротворяющее воздействие. Всем нравится смотреть на облака, на языки пламени в камине, на листву в парке...

Ученые предполагают, что естественный ход поисковых движений наших глаз тоже фрактален. При совпадении траектории движения глаз и фрактального объекта мы впадаем в состояние физиологического резонанса, за счет чего активизируется деятельность определенных участков мозга.

Фракталы выходят за рамки чистой математики. Они могут дать гораздо больше: например, объяснить явления, находящиеся вне нашего понимания при текущем уровне развития науки.

Добавляя в формулы, задающие фрактал, случайные возмущения, можно получить стохастические фракталы, которые весьма правдоподобно передают некоторые реальные объекты – элементы рельефа, по-

верхность водоемов, некоторые растения, что с успехом применяется в физике, географии и компьютерной графике для достижения большего сходства моделируемых предметов с настоящими.

Принцип фрактальности заложен в устройстве самой Природы, где из одного семени или из одной клетки путём многократного дробления создаётся новая структура, похожая, но не идентичная первоначальной (рис. VII.6).



Рис. VII.6. Фракталы в природе. (Качан капусты романеско; раковина морской улитки).

Природа создаёт удивительные и прекрасные фракталы, с безупречной геометрией и идеальной гармонией. Природа сама создана из самоподобных фигур.

Фрактальная геометрия предопределяет формы молекул и кристаллов, которые составляют наши тела и объекты космического масштаба.

Галактика и Вселенные тоже фракталы и обладают свойством самоподобия. Например, Планеты объединяются в Планетарные Системы, Планетарные Системы – в Галактики, Галактики – в Кластеры, Кластеры – в Суперкластеры и так далее до бесконечности. Вселенная складывается, как матрёшка, и все её составные части выглядят примерно так же.

Фактически фрактальная геометрия и есть ключ к пониманию Вселенной, ее **парадигмы**.

Новая парадигма также выдвигает на первый план тот факт, что глобальная иерархия природы является весьма стратифицированной в дискретные уровни материи, из которых наиболее выделяющимися являются **Атомные, Звездные и Галактические** уровни.

Важный принцип данной парадигмы – это то, что космологические уровни являются строго само-подобными: для каждого класса объектов или явлений в данном масштабном уровне есть аналогичный класс объектов или явлений в каждом другом космологическом уровне, что приводит к подобию разномасштабных уровней материального мира. Позволим себе предположить, что

иерархическая масштабная лестница простирается также вовнутрь материи в сторону уменьшения размерности (рис. VII.7).

БЕСКОНЕЧНАЯ ДЕЛИМОСТЬ МАТЕРИИ



Рис. VII.7. Иллюстрация парадигмы бесконечной делимости материи.

Как тут вновь не обратиться к идеям Фурнье Д'Альба, касательно Инфра- и Супра-мира: «Основной гипотезой моей работы является, во-первых, что этот

наш Мир представляет хороший средний образец Вселенной, как она всегда существовала и всегда будет дальше существовать, и во-вторых, что как бы высоко мы не поднимались, и как бы низко ни опускались по шкале величин, мы можем надеяться найти условия, не отличающиеся резко от тех, которые мы знаем здесь и теперь и к которым мы приспособились» [261].

Само-подобные аналоги объектов и явлений из различных уровней имеют совпадающую морфологию, кинематику и динамику. С физической точки зрения соотношения подобия приводят к так называемой **SPM-симметрии** (о которой кратко упоминалось ранее, см. главу I), утверждающей инвариантность физических законов, действующих на разных уровнях материи. В комбинированном преобразовании **SPM-симметрии** проявляется неизменность физических законов в результате переходов с одного масштабного уровня материи на другие уровни.

Для перехода с одного уровня материи на другой с использованием **SPM-симметрии** необходимо одновременно совершить преобразование скоростей (**S**), преобразование размеров (масштабов) (**P**) и преобразование масс (**M**) [271].

Упомянутая парадигма подчёркивает иерархическую организацию систем природы, от наименьших наблюдаемых элементарных частиц – до наибольших видимых скоплений галактик. Теорема о SPM-симметрии была доказана Сергеем Георгиевичем Федосиным в 1999 году [272].

Однако, надо согласиться с тем, что названная Фрактальная парадигма с трудом охватывается понятийным мышлением. Так, взятая из интернета юмористическая зарисовка в достаточной степени иллюстрирует восприятие фрактальной теории на бытовом уровне (рис. VII.8).



Рис. VII.8. Шокирующая сознание мысль о бесконечности делимости материи.

Тем не менее, Фрактальная теория Мироздания выдвигает на первый план тот факт, что глобальная иерархия природы является дискретной, причем особо выделяются более доступные для понятия атомный, звёздный и галактический уровни.

Еще раз подчеркнем, что основной принцип **Фрактальной парадигмы** – это то, что космологические уровни являются строго само-подобными, так что для каждого класса объектов или явлений в данном масштабном уровне есть аналогичный класс объектов или явлений в любом другом космологическом уровне. Само-подобные аналоги объектов и явлений из различных уровней имеют совпадающую морфологию, кинематику и динамику.

Таким образом, основные положения фрактальной теории можно сформулировать следующим образом:

1. В теории отсутствуют элементарные частицы материи как таковые. Вещество представляется бесконечно делимым, в противоположность теории атомизма, сводящейся к поиску минимальной единицы материи;
2. Вселенная состоит из бесконечного числа вложенных фрактальных уровней материи с подобными друг другу характеристиками;
3. Каждый уровень материи включает в себя носители с определённым спектром размеров и масс. Материя самоорганизуется в энергетически стабильные состояния;
4. Ход времени и вычислений гораздо быстрее на микроуровне и медленнее на макроуровне;
5. Каждый тип описываемых в физической литературе «элементарных» частиц (электроны, нуклоны и т. д.) не является строго одинаковыми по массе и размеру частицами;
6. Вселенная вечна. При этом, носители материи постоянно рождаются и затем трансформируются в носители своего и/или других масштабных уровней; Тем самым, теория выходит за пределы не только атомизма, но и так называемого «**Большого взрыва**», ограничивающего историю мироздания моментом возникновения Вселенной;
7. Пространство имеет дробную размерность, стремящуюся к 3 (трём). Точное число зависит от строения материи и её распределения в пространстве.
8. Время в данной теории – самостоятельная от пространства координата, и является производным от скорости движения материи;
9. Действие сил гравитации и электромагнетизма может быть объяснено модифицированной теорией Фатио –Лесажа [273].

Предполагается, что электромагнитное поле является гравитационным полем нижележащего масштабного уровня материи;

10. Имеется различие между понятиями «количество материи» и гравитационная масса.

Из рассмотренных положений фрактальной теории следует вывод, что окружающая нас Вселенная – не единственная, нас может окружать бесконечное множество других вселенных. Возможно, также, что наш мир представляет собой лишь часть Мультимира – гипотетического множества всех возможных параллельных вселенных и миров.

Коль скоро во Фрактальной теории Мировой материи обозначено ее структурное подобие, то естественно предположить, что и проявления структурно подобных объектов **микромира** и **мегамира**, относящихся к разным уровням масштабной иерархии, должны подчиняться одним и тем же законам. Положения же, выдвинутые официальной наукой, согласно которым описание процессов, происходящих в микромире с позиции законов классической физики невозможно, по-видимому, являются **спорными**, в силу чрезвычайно высокой скорости протекания этих процессов и отсутствия на сегодняшний день инструментария, способного идентифицировать и визуализировать эти процессы.

Действительно, если принять во внимание, что процессы, протекающие в мега-мире сверхскоплений галактик, имеющих пространственное измерение порядка $6,0 \cdot 10^{40} - 3,7 \cdot 10^{36}$ м, и характеризуются частотой $2,5 \cdot 10^{-60} - 5,3 \cdot 10^{-54}$ Гц, а процессы, имеющие место в микромире – атомов и молекул, имеющих линейные размеры порядка $1,3 \cdot 10^{-12} - 9,9 \cdot 10^{-15}$ м и частоту $2,6 \cdot 10^{19} - 3,8 \cdot 10^{22}$ Гц, то становится понятной несостоятельность попыток измерения этих миров «общим аршином».

В связи с этим, в настоящее время возник новый оригинальный философский подход к познанию мира, основанный на принципе подобия морфологии применительно к таким далеким друг от друга, системам, как атомы и звездные системы [274].

Для определения геометрического коэффициента подобия между атомными и звездными системами используются три вида отношений:

1. Между характерными удалениями компонентов звездных пар друг от друга и длинами связей соответствующих молекул.
2. Между размером Солнечной системы и размером соответствующего ей атома.
3. Между радиусом Солнца и радиусом ядра соответствующего ему атома.

Так как строение Солнечной системы было изучено задолго до момента открытия атомной структуры, то неудивительно, что одной из первых моделей атома была **планетарная модель**. Но поскольку считалось, что в атомах и молекулах эффективной действующей силой является электромагнитная, а для звезд такой силой является гравитационная, то **подобию** природы этих систем практически не уделялось должного внимания.

В то же время обращает на себя внимание удивительный факт, что диапазон масс известных ядер от легчайшего водорода до самого тяжелого элемента под номером **112** составляет **277** атомных единиц массы, а диапазон масс от самых легких звезд до самых массивных для **99,99 %** всех звезд дает величину, также близкую к **277**?

Отсюда один шаг для того, чтобы ядрам атомов каждого химического элемента поставить в соответствие определенные звезды, используя один и тот же **коэффициент подобия** по массе ($\approx 10^{55}$).

Так оказывается, что **Солнечная система** ($m = 1,988 \cdot 10^{30}$ кг) по соотношению масс, с учетом упомянутого коэффициента, подобна атому углерода ^{12}C ($m = 1,993 \cdot 10^{-26}$ кг).

Из астрономических наблюдений следует, что до 70 % всех звезд являются двойными или кратными, то есть образуют связанные звездные пары, тройки, четверки и т.д.

Поскольку средние расстояния между такими системами звезд намного превышают их собственные размеры, то можно считать, что звездный газ **подобен** весьма разреженному смешанному молекулярному газу (H_2 , O_2 , N_2 , O_3).

Анализ зависимости полной энергии звезд главной последовательности от их массы показывает, что выполняется обобщенный закон Эйнштейна, связывающий полную энергию звезды E (без учета энергии покоя) и ее массу M : $E = -Mc_x^2$, где внутренняя характерная скорость частиц звезды C_x порядка 220 км/с.

Для соответствующих атомов и звезд главной последовательности (**ГП**) выполняется условие подобия энергий: отношение энергии покоя ядра атома к энергии связи электронов равно отношению полной энергии звезды E к гравитационной энергии связи планет.

Наиболее доступным примером для демонстрации энергетического подобия атомарных и звездных структур, по-видимому, является сопоставление энергий ионизации атома углерода и энергий связи между Солнцем и планетами.

Отсюда следует, что масштабное измерение отличается от обычных трёхмерных пространственных измерений, и является особой степенью свободы.

При изучении свойств материи, олицетворяющей соответствующий масштабный уровень, выявляется фрактальность материальных систем, их **самоподобие**, иерархичность устройства и вложенность малых систем в большие. Переход от некоторого масштабного уровня материи ко всё более низшим уровням обнаруживает глубину пространства-времени – объекты **уменьшаются** по массе и размерам, а скорость локального течения времени с точки зрения наблюдателя, находящегося на более «высоком» масштабном уровне, **увеличивается**.

Считается, что с точки зрения устойчивости, количественное изменение на одном и том же масштабном уровне не может свестись просто к пространственному пропорциональному изменению формы и объёма тел. Если имеется небольшая деревянная модель многоэтажного здания, то построенное, согласно этой модели, здание в натуральную величину не сможет существовать, так как из-за своей массы оно раздавит нижние этажи.

Причина этого в том, что с увеличением размера масса растёт пропорционально кубу этого размера, то есть гораздо быстрее.

Отсюда следует, что подобные друг другу тела на одномасштабных уровнях материи не могут состоять из одного и того же вещества в том же самом состоянии.

Свойства вещества должны быть такими, чтобы на каждом масштабном уровне материи обеспечивать устойчивое существование объектов. Как правило, по мере увеличения размеров объектов при переходе с одного уровня на другой, происходит уменьшение плотности вещества объектов и характерной скорости движения этого вещества.

Последнее можно понимать, как «**замедление времени**» подобных процессов.

Например, чем больше по размерам объекты, тем больше времени занимает у них один оборот вокруг своей оси при вращении, дольше длятся другие типичные процессы.

В соответствии с изменением физических параметров вещества на разных уровнях материи происходит также изменение действующих сил.

Если на уровне планет и звёзд основной силой является привычное для земного наблюдателя гравитационное взаимодействие, формирующее шаровидную форму тел и управляющее их движением вокруг гравитирующих объектов, то на атомном уровне такую же роль может играть т.н. «сильная гравитация»,

превышающая на несколько порядков по своей величине гравитационные силы, характерные для объектов нашего мира Вселенной.

Согласно данной логике, характеристика и физико-химические свойства структурных элементов материальных образований, таких, например, как плотность, деформационная устойчивость и т.п., должна не зависеть от принадлежности объектов к той или иной ступени масштабной иерархии, в том случае, когда измерения ведутся в одном и том же масштабном уровне.

С нашей же точки зрения, эти представления не противоречат утверждению о единстве фундаментальных законов существования материи, не зависимо от ее масштабности. Иными словами, для каждой ступени бесконечной масштабности материальных образований, действующие силы, обуславливающие их взаимодействия и физические свойства должны быть **взаимно инвариантными**.

Иерархия космических систем такова, что они группируются в отдельные масштабные уровни, расположенные приблизительно на одинаковом расстоянии друг от друга в логарифмической шкале размеров.

Впервые об идее крупномасштабной структуры Вселенной задумался выдающийся астроном Уильям Гершель [275].

Именно ему принадлежат такие открытия как обнаружение планеты Уран и двух ее спутников, двух спутников Сатурна, открытие инфракрасного излучения и идея о движении Солнечной системы сквозь космическое пространство.

Самостоятельно сконструировав телескоп и проведя наблюдения, он выполнил объемные подсчеты светил различной яркости в определенных областях небосвода и пришел к выводу, что в космическом пространстве существует большое множество звездных островов.

Позже, в начале XX-го века американский космолог Эдвин Хаббл смог доказать принадлежность некоторых туманностей к структурам, отличным от Млечного Пути. То есть было достоверно известно, что за пределами нашей галактики также существуют различные звездные скопления.

Исследования в этом направлении вскоре значительно расширили наше понимание Вселенной.

Оказалось, что помимо Млечного Пути в космическом пространстве существуют десятки тысяч иных галактик. В попытке составить какую-нибудь упрощенную карту видимой Вселенной ученые наткнулись на тот примечательный факт, что галактики в пространстве распределены неравномерно и составляют собою иные структуры немислимых размеров.

Со временем ученые обнаружили, что галактики-одиночки – достаточно редкое явление во Вселенной. Подавляющая же часть галактик образуют крупномасштабные скопления, которые могут быть различных форм и включать в себя две галактики или кратное число, вплоть до нескольких тысяч.

Помимо огромных звездных островов эти массивные звездные структуры включают еще и скопления газа, разогретого до высоких температур. Несмотря на очень низкую плотность (в тысячи раз меньше, нежели в солнечной атмосфере), масса этого газа может значительно превышать суммарную массу всех звезд в некоторых совокупностях галактик.

Отсюда вытекает важное определение: когда между различными масштабными уровнями выводятся соотношения подобия, то надо учитывать не только подобие по размерам, но и по массам, скоростям протекания аналогичных по своей природе процессов, а также по другим физическим параметрам.

Благодаря принципу вложенности одних уровней материи в другие, массивные объекты состоят из частиц низших уровней материи. Это приводит к взаимосвязи характеристик объектов и состояний их вещества, а также к симметрии между свойствами частиц вещества и свойствами включающих их объектов, проявляющейся через масштабные отношения подобия.

С точки зрения геометрии, описывающей лишь пространственные формы, понятие "Масштабное измерение" является некоторой интерпретацией понятия **"Четвёртое пространственное измерение"** (рис.VII.9).

Можно представить себе некоторую четвёртую ось пространства, двигать вдоль неё трёхмерное тело и считать, что четырёхмерное тело есть весь набор форм, которые приняло трёхмерное тело при перемещении вдоль четвёртой оси пространства. Аналогично движение точки (нулевое измерение) даёт линию (одно измерение); движение линии, параллельное самой себе, очерчивает плоскую фигуру (два измерения); движение плоской фигуры в направлении вектора, не лежащего в плоскости фигуры, приводит к объёмному телу.

В отличие от такого подхода, масштабное измерение обладает дополнительным свойством – геометрические объекты не просто движутся в пространстве для образования четвёртого измерения, но при этом ещё могут менять свой трехмерный масштаб, аналогично может изменяться площадь фигуры и толщина линии.

Как любая ось системы координат в пространстве-времени, масштабная ось отличается от всех других осей своим направлением, и в геометрии этого

достаточно. Для физических систем удобно полагать, что направление масштабной оси показывает в сторону увеличения масштабов, а противоположное направление устремлено в глубь пространства.

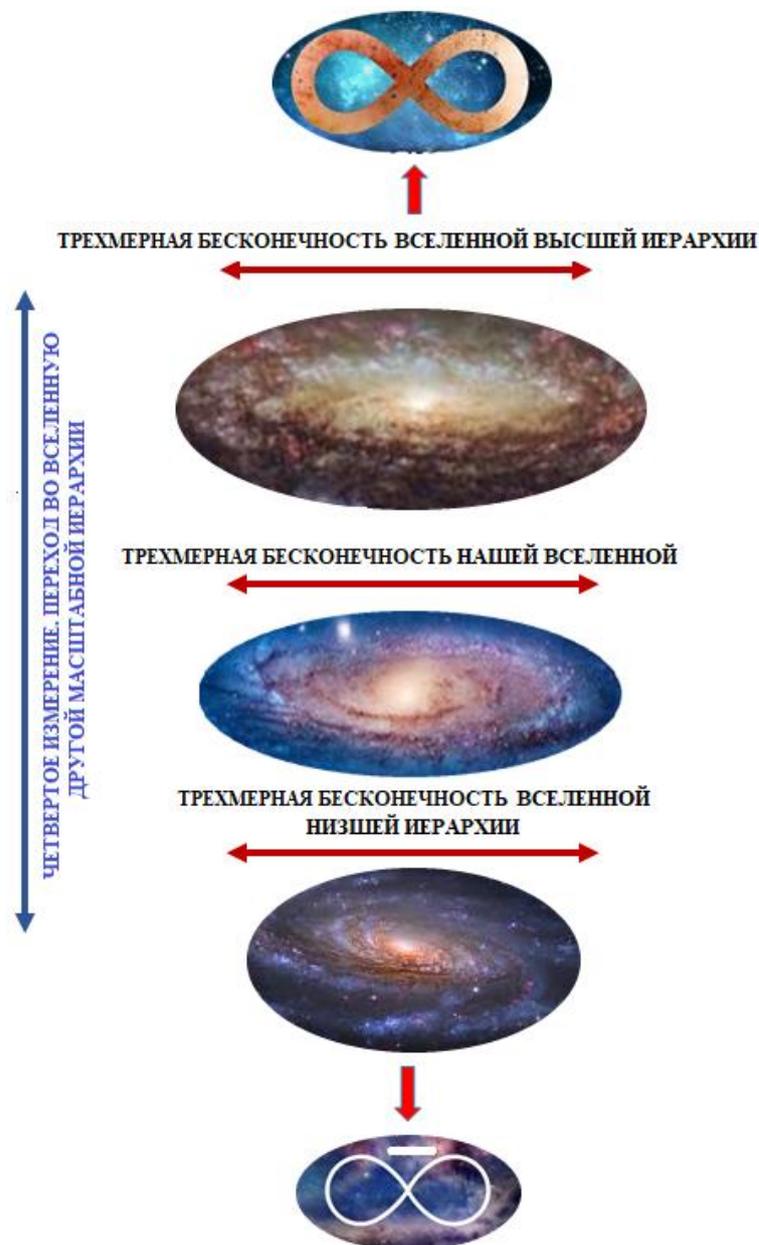


Рис. VII.9. Иллюстрация наличия четвертого измерения в геометрии мироздания.

Неприятие концепции бесконечной вложенности материи сформировало представление лишь о кажущемся подобии Мира материи в пространстве макро- и микромира. Последний оказался не четко выраженным, а границы его стали выглядеть настолько условными, что возникла необходимость для описания взаимодействий между его частицами прибегнуть к квантовой теории, а также к лишенным физического смысла производным физического вакуума – виртуальным частицам, «рождение» которых одновременно совпадает с их «смертью».

Поиски фундаментальных закономерностей и моделей, позволяющих структурировать мир таким образом, чтобы стало возможным предсказание характеристик любого масштабного уровня его организации, продолжаются.

Приведенные нами существующие представления о фрактальности космического мира противоречат гипотезе об **однородности Вселенной**. Чтобы спасти ее, космологи перешли к гипотезе о **макро-однородности Вселенной**, полагая, что она (Вселенная) однородна на расстояниях примерно равных или больших 300 млн световых лет.

Более точное определение верхнего порога масштабов расстояний, за которым распределение галактик однородно, потребовало составления трехмерных карт распределения галактик на возможно большую глубину. Эта работа принесла неожиданные результаты: были открыты гигантские космические структуры, размеры которых вполне сравнимы с радиусом горизонта видимости (13,8 млрд св. лет) [276].

Мы укажем здесь четыре таких объекта с их размерами:

1. Великая стена Слоуна, (группа галактик, простирающаяся более чем на миллиард световых лет. Представляет собой своеобразную **стену** из галактик, которая на данный момент признана наибольшей из известных структур во Вселенной. В длину «**стена**» простирается на 1,37 миллиарда световых лет. (2003г.).
2. Громадная группа квазаров (светящихся ядер галактик), имеющая размер около 4 x 2,1 x 1,2 млрд св. лет (2012г.).
3. Великая стена Геркулес – Северная Корона, огромная плоская супер-структура галактик размером более 10 млрд световых лет, составляющая около 10 % от диаметра наблюдаемой Вселенной, простирающаяся на более 10 млрд св. лет в одном направлении и около 7,2 млрд св. лет – в другом (2014 г.).
4. Гигантская кольцеобразная структура, около 5 млрд св. лет (2015г.). Расстояние в пять миллиардов световых лет практически невозможно себе представить, даже в масштабах космоса. Чтобы лучше проиллюстрировать масштаб этого расстояния, достаточно сказать, что на этом расстоянии укладываются 35000 галактик размером с Млечный путь. Благодаря удивительному открытию, сделанному венгеро-американской командой астрономов, теперь мы знаем, что настолько крупная структура действительно существует в наблюдаемой Вселенной.

После этих открытий ничто уже не противоречит гипотезе о фрактальности всего наблюдаемого мира. Эта гипотеза на наших глазах приобретает статус

подтвержденного эмпирического факта, который ничто уже не мешает экстраполировать на всю Вселенную.

Представления о фрактальности Мироздания содержатся во многих мифах древности. Согласно древнегреческой мифологической традиции, мир рождается по этапам, в развитии которых видны подобные черты. Несколько поколений богов сменяют друг друга, на каждом этапе выстраивая свой Космос, упорядоченную Вселенную, по подобным принципам. Во всех мифах, повествующих о происхождении Вселенной, единое божество наполняет мир своими помощниками - подчиненными богами, каждый из которых является проводником фундаментальных принципов мирового устройства; своими последователями - вестниками, ангелами, посланниками-апостолами; наконец, людьми, сотворенными «по образу и подобию божьему».

Каждое творение имеет свою задачу по продолжению процесса созидания, по воплощению воли божьей, приводящей к устройству мира по законам Единого и проявляющейся в «похожести» всех процессов и явлений, в их самоподобии.

В современной физике т.н. **скейлинг**, или масштабная инвариантность, понимаемая как неизменность формулировки физической теории, при одновременном изменении всех расстояний и временных промежутков в одинаковое число раз, рассматривается как фундаментальное свойство природы.

Этим свойством обладают такие, например, соотношения, как уравнения Максвелла, которым удовлетворяют все электродинамические процессы **макромира**, уравнения Клейна-Гордона и Дирака, описывающие явления **микромира** [277].

Стало быть, Мироздание – не только пространственный, но и **пространственно-временной фрактал!**

Следовательно, инвариантные значения размерности распределения галактик, строения биологических организмов, а также других динамических и стохастических системах, безусловно, проложит дорогу новым междисциплинарным исследованиям Мира Материи.

И, если академическая наука все же признает, что материя во Вселенной распределена в виде бесконечного фрактала, и характеризуется структурной и поведенческой идентичностью, то потребуются пересмотр практически всех существующих умозрительных моделей микромира, нашей Вселенной и Мироздания в целом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Науки мир был тьмой окутан.
Да будет свет!
И вот явился Ньютон.
Но сатана недолго ждал реванша.
Пришел Эйнштейн –
И стало все, как раньше.*

(Эпиграмма XX века)

Сложно представить, как выглядела бы наша цивилизация без классического представления о сущности мира материи. Понятие о материи, как абсолютной «объективной реальности, существующей независимо от нашего сознания», которое обычно означает все то, что формирует окружающую реальность, из чего образовано всё существующее в мире.

Представления о трехмерном евклидовом пространстве и равномерно текущем времени настолько глубоко укоренились в сознании, что мы не особо стремимся предать их ревизии.

А главное, отказываемся замечать, что «революционные» принципы квантовой механики и квантовой физики, пришедшие на смену механики и физики классической, применимы лишь в некоторых рутинных ситуациях и для объяснения устройства Вселенной оказываются попросту неверны.

Механистическая концепция Мироздания Ньютона и сменившая ее через два столетия электродинамическая картина, каждая в своей сущности, базировались на результатах прямых наблюдений. Однако вошедшие в них представления о бесконечной Вселенной не укладывались в здравый смысл.

Это перевело их в разряд чисто научной парадигмы, доступной лишь для высокообразованной части населения. Что же касается появившейся вслед за ними картины, созданной Альбертом Эйнштейном на основе теории относительности, а затем квантовой картины мира Вернера Гейзенберга и Нильса Бора, то они настолько вошли в противоречие со здравым смыслом, что оказались доступными для понимания только узкому кругу ученых и специалистов.

Весьма необычным, и в то же время простым и убедительным представляется высказывание «отца» атомной бомбы Роберта Оппенгеймера относительно квантового характера поведения электрона в атоме: «Если Вас спросят, постоянно ли его положение, нужно ответить "нет", если спросят, меняется ли оно со временем, нужно ответить "нет". Если спросят, неподвижен ли он, нужно сказать "нет", если спросят, движется ли он, нужно ответить "нет"».

С позиций предметного мышления, парадоксы квантовой механики весьма трудны для восприятия, и похожи на мистические откровения мыслителей древних эпох.

Подобные приведенному высказыванию Оппенгеймера о поведении электрона слова вполне могли быть сказаны древнекитайским философом Лао Цзы за две с половиной тысячи лет до появления современной физики.

После того как в общих чертах было открыто строение атома и предложена его «планетарная» модель, ученые столкнулись со множеством, кстати, весьма неочевидных, «парадоксов», для объяснения которых появился целый раздел физики – квантовая механика. Но квантово-механические объяснения реальной структуры атома настолько сложны для восприятия, что до сих пор мало кто может осознать их хотя бы в общих чертах.

Напомним, что до конца XIX века атомы считались неделимыми «элементами». Открытие радиации позволило Резерфорду проникнуть под «оболочку» атома и сформулировать планетарную теорию его строения, согласно которой, основная масса атома сосредоточена в его ядре. Положительный заряд ядра компенсируется отрицательно заряженными электронами, размеры которых настолько малы, что их массой можно пренебречь. Электроны вращаются вокруг ядра по орбитам, подобно вращению планет вокруг Солнца. Эта теория оказалась весьма наглядной и красивой, но она столкнулась с рядом необъяснимых с точки зрения классической физики явлений.

Так, с точки зрения электродинамики, движение отрицательно заряженного электрона, связанное с центростремительным ускорением, неминуемо должно было бы привести к излучению электромагнитных волн. Этот факт спровоцировал суждение о том, что в результате непрерывной потери энергии за счет излучения, баланс центростремительной и центробежной сил, одновременно действующих на электрон, будет нарушен, и электрон неминуемо «упадет» на положительно заряженное ядро. В реальности, же атомы в невозбужденном состоянии не излучали никаких волн, и при этом проявляли стабильность во времени.

Нильс Бор в своих постулатах проигнорировал это противоречие введением т.н. стационарных состояний, находясь в которых атом электромагнитных волн не излучает.

Но это был временный выход из ситуации. На его основе трудно было создавать теорию для более сложных атомов, чем водород.

В этой связи разумно задать вопрос: – ведь находясь на стационарной (по Бору) орбите электрон также, как и на нестационарной, находится под действием ускоряющей центростремительной силы. Так почему же при этом электромагнитное излучение отсутствует?

Нами была сделана попытка объяснения отсутствия электромагнитного излучения электроном, при вращении его по круговой орбите с постоянной орбитальной скоростью.

Действительно, в случаях воздействия на тело или материальную точку равных по модулю и разнящихся в векторном направлении, уравнивающих друг друга центробежной и центростремительной сил, тело будет находиться в состоянии равноценном **состоянию покоя**, т.е., ускорение такого движения тела **должно отсутствовать**.

Учитывая данный факт, нами высказано мнение, что центростремительное ускорение, при равномерном вращательном движении электрона, в том числе по т.н. стационарным орбитам, является **мнимой величиной**. По этой причине, стационарное электрическое поле, образованное вокруг движущегося по инерции электрона, не может быть источником электромагнитного излучения.

Представления о электронном окружении в атомах в корне изменились после того, как, отказавшись от описания движения электронов с помощью траекторий, получаемых из законов классической динамики, в 1923-24 годах французским физиком-теоретиком Луи де Бройлем выдвинуты представления о дуалистической (корпускулярно-волновой) природе элементарных частиц, и определив вместо этого их волновую функцию, что вытекало из выдвинутого

В связи с этим, сменившая классическую парадигму, современная квантовая физика постановку вопроса о траектории вращательного движения электронов вокруг ядер атомов, как таковой, **считает несостоятельной**.

Причем, состоянию электронов в атоме придали вероятностную интерпретацию, «размазав» их по всему пространству атома. Понятие орбита электрона было заменено понятием «электронная или атомная орбиталь», которые изображались в виде «электронных облаков» различной причудливой конфигурации.

Все, что приписывается квантовой механике со ссылкой на практические результаты и достижения – это не более чем иллюзия, когда желаемое выдается за действительное.

В этом отношении характерно еще одно общепринятое заблуждение. В учебной литературе и монографиях, даже в текстах критического содержания,

встречаются ссылки (в полной уверенности на их достоверность) на то, что выводы квантовой механики имеют «превосходное» экспериментальное подтверждение. Так, например, общепризнанное уравнение Шредингера описывает распространение волны вероятности нахождения электрона в заданной точке пространства. Но «согласие» с экспериментом получено разве только для атома водорода.

Это, якобы согласие, полученное с помощью не имеющего физического смысла уравнения Шредингера, представляется скорее подгонкой под известный результат, который был ранее получен в рамках теории Бора (1913 г.).

Хотя сейчас пошла вторая декада 21-го века, но кризис, в котором оказалась физика в конце 19-го и начале 20-го веков, так и не был разрешен, а на стыке 20 - 21 веков даже углубился.

Возникает естественный вопрос: почему мы столкнулись с подобным явлением в науке?

Ответ на этот вопрос весьма очевиден. Дело в том, что теоретическая база исследований микромира строилась не на познании природы обнаруживаемых экспериментально явлений, а на построении различных абстрактных теорий, разработке абстрактно-математических моделей для описания этих явлений, на подгонке теоретических результатов, следующих из этих моделей, к экспериментальным данным, на выдумывании свойств и фундаментальных параметров не существующих в природе.

Подобное явление, к сожалению, распространилось и на результаты разработки моделей и теории атомного ядра. Так, попытка идентифицировать **«истинное строение»** ядер атомов по продуктам распада при бомбардировке частицами масштабного уровня сопоставимого с масштабным уровнем «мишеней», имеет **непреодолимые препятствия**, и, в итоге, сводится к **безальтернативному суждению** о их составных частях – доступных для идентификации «элементарных» частицах – нуклонах (**протоны + нейтроны**), а также относительно меньших, но того же размерного масштаба «осколках».

Иными словами, срабатывает подсознательный принцип: **«на что раскололось – из того и состоит»**.

Апогеем в изучении структуры нуклонов стало создание Большого Адронного Коллайдера (Large Hadron Collider, LHC), построенного прежде всего с целью найти мифическую частицу, **бозон Хиггса**, чтобы свести концы с концами в соответствующих теоретических выкладках в области так называемого

электро-слабого взаимодействия. Полагают, что бозон Хиггса ответственен за наличие массы у элементарных частиц.

Бес сомнения, при наличии еще большего уровня финансирования исследований и наращивания мощности ускорителей, конечно же его «найдут», как до сих пор «находили» все то, что нужно было теоретикам для доказательства выдвинутых ими теорий.

В итоге, хотя с помощью ускорителя-коллайдера вроде бы удалось «продуцировать» сотни тысяч хиггсовских бозонов, большинство из них, как оказалось, «родились» впустую. В то же время все средства массовой информации хором сообщают об этом, как о великом открытии.

Безусловно, специфичность явлений, происходящих в микромире, заключается прежде всего в невозможности напрямую, т.е. посредством органов чувств (главным образом, зрения) получить информацию о происходящих процессах, и по этой причине результаты, опирающиеся на экспериментально измеряемые с помощью соответствующего оборудования величины, оценивались не однозначно.

В результате применительно внутреннему строению атомных ядер, к настоящему времени разработано несколько теорий, каждая из которых своеобразно описывает определенные свойства ядер.

Однако, как вытекает из ряда приведенных нами публикаций, посвященных теоретическому и экспериментальному исследованию обозначенной проблемы, не одна из известных теорий не отражает экспериментально наблюдаемую совокупность этих свойств.

Современная физика признаёт, что сложный характер ядерных сил, не смотря на всю созданную палитру разработанных для их описания физических и математических моделей, не может адекватно описать строение ядер всех известных элементов Периодической системы.

Прежде всего следует упомянуть об одной из слабых сторон наиболее популярной составной (протон-нейтронной) модели атома, а именно, взаимодействие нуклонов в парах нейтрон-нейтрон, протон-протон и нейтрон-протон в одинаковых квантовых состояниях неразлично, т.е. собственно сильное (ядерное) взаимодействие **не зависит от типа нуклона**. Это свойство ядерных сил формулируют как их **зарядовую независимость**.

С нашей точки зрения вполне вероятно, что для осмысливания и описания объектов и явлений микромира, необходимы принципиально новые подходы, в

частности, основанные на использовании структурной аналогии и инвариантности фундаментальных законов взаимодействия вещества в микро- и макромире.

Именно такой подход был взят нами за основу, при обсуждении наиболее вероятной модели атомного ядра из числа разработанных к настоящему времени.

В результате чего нами было высказано предположение, что наиболее логически обоснованной является оболочечная модель строения **атомного ядра**.

К сожалению, из-за доминирования представлений о протонно-нейтронной, составной модели атомных ядер, радиальное распределение плотности ядерного вещества от центра к периферии выражалось не в привычных для понимания единицах плотности, а в количестве нуклонов, содержащихся в кубическом фемтометре ($1\text{фм} = 10^{-15}\text{м}$).

Действительно, мы живём в удивительное время. Представления о самых фундаментальных свойствах мира меняются прямо у нас на глазах.

Шокирующие сознание гипотезы о природе структурных элементов микромира, претендующие на уровень теорий, в современной физической науке пытаются распространить и на Вселенские масштабы Мироздания.

Согласно современным физическим теориям, материальный мир разделяется на своеобразную триаду – три основные категории: **нормальное вещество, антивещество и «темная материя»**.

Каково же количественное соотношение этих трёх составных компонентов в реальном мире материи? Сколько обычного вещества, не барионной, тёмной материи и тёмной энергии содержится в нашей Вселенной?

Считается, что это важнейший вопрос, ответ на который призван современной наукой определять прошлое и будущее Вселенной. И, разумеется, учёные не раз предпринимали соответствующие расчёты применительно этой эфемерной сущности материи. При этом массовое «обличие» этой материальной сущности обычно пересчитывают в эквивалентах энергии по знаменитой формуле $E = mc^2$, что, вроде бы, позволяет сравнить между собой вклад вещества, антивещества и тёмной энергии в полную энергию Вселенной.

Нормальное вещество. Как сообщает портал EurekAlert! [277], международная команда ученых во главе с астрономами из Калифорнийского университета в Риверсайде (США) определила, что «нормальная» материя составляет 31% от общего количества материи и энергии во Вселенной, а остальная часть состоит из темной материи и энергии. Результаты работы опубликованы в журнале *Astrophysical Journal*.

Чтобы мы могли представить себе, что такое 31% материи, авторы работы приводят такой пример. Если бы вся материя во Вселенной была равномерно распределена по пространству, то на один кубический метр приходилось бы шесть атомов водорода. Но есть одно «но»: если около 70% всей материи состоит из темной материи, то на самом деле большая ее часть состояла бы не из атомов водорода, а из вещества неизвестного типа.

Каким образом калифорнийские ученые получили значение в 31%? Оказалось, что они сравнили наблюдаемое число и массу скоплений галактик в единице объема с предсказаниями численного моделирования. Поскольку современные скопления галактик сформировались из вещества, которое коллапсировало миллиарды лет назад под действием собственной гравитации, количество наблюдаемых в настоящее время скоплений тесно связано с общим количеством вещества. Чем выше процент вещества, тем должно быть больше скоплений. Информация взята с портала «Научная Россия» (<https://scientificrussia.ru/>).

Еще большая неурядица происходит с понятием антивещества.

Антивещество в физике – это без дополнительных усложнений субстанция для науки малопонятная, ибо сама сущность антиматерии основана на противоречии. Антивещество должно само состоять из античастиц. Но почему-то в природе до сих пор не обнаружен материал, состоящий из антивещества.

В наблюдаемой нами части Вселенной существенных скоплений антивещества не обнаружено, однако ведутся споры о том, состоит ли Вселенная почти исключительно из вещества, и существуют ли другие места, заполненные, наоборот, практически полностью антивеществом.

Правда, не исключена возможность получения антивещества искусственным путем. Так, в 2010г. физикам впервые удалось кратковременно поймать в «ловушку» атомы антивещества. Для этого ученые охлаждали облако, содержащее около 30 тысяч антипротонов, до температуры 200 К ($-73,15\text{ C}^0$), и облако из 2 миллионов позитронов до температуры 40К (минус 233,15 градуса Цельсия). Физики охлаждали антивещество в специально сконструированных «ловушках». В общей сложности было поймано 38 атомов антивещества, которые удерживались 172 миллисекунды. В мае 2011г. результаты предыдущего эксперимента удалось значительно улучшить — на этот раз было поймано 309 антипротонов, которые удерживались 1000 секунд.

Антивещество – самая дорогая субстанция на Земле. По оценкам НАСА 1999 года, один грамм антиводорода стоил бы 62,5 триллиона долларов США.

«Темная материя» – в астрономии и космологии, а также в теоретической физике гипотетическая форма материи, не участвующая в электромагнитном взаимодействии и поэтому недоступная прямому наблюдению. Предположительно составляет порядка четверти массы-энергии Вселенной и проявляется только в гравитационном взаимодействии. Понятие тёмной материи введено для теоретического объяснения проблемы скрытой массы в эффектах аномально высокой скорости вращения внешних областей галактик и гравитационного линзирования (в них задействовано вещество, масса которого намного превышает массу обычной видимой материи); среди прочих предложенных объяснений сущности темной материи данная трактовка считается наиболее удовлетворительной.

Состав и природа тёмной материи на настоящий момент неизвестны. В рамках общепринятой космологической модели наиболее вероятной считается модель холодной темной материи. Наиболее вероятные кандидаты на роль частиц тёмной материи – ВИМПЫ (см. ссылку 186). Однако, несмотря на активные поиски, экспериментально они пока не обнаружены.

Полагают, что частицы «темной материи» являются носителями «темной энергии», представляющей собой гипотетический вид энергии, введённый в математическую модель Вселенной для объяснения, наблюдаемого её расширения с ускорением, иными словами силу, действующую в противовес гравитации и ответственную за «расширение» Вселенной.

Согласно опубликованным в марте 2013 года данным наблюдений космической обсерватории «Планк», интерпретированным с учётом стандартной космологической модели Лямбда-CDM общая масса-энергия наблюдаемой Вселенной состоит на 4,9 % из обычной (барионной) материи, на 26,8 % из тёмной материи и на 68,3 % из темной энергии. Таким образом, Вселенная на 95,1 % состоит из тёмной материи и тёмной энергии.

Согласно некоторым, разработанным к настоящему времени моделям, частицы темной материи состоят из «зеркальных» версий фундаментальных кирпичиков обычной (барионной) материи, то есть «темных кварков» и «темных глюонов». **Действительно мир науки стал вновь окутанным тьмой!**

Вот еще один яркий пример вбивания в головы ни в чем неповинных любителей физики космологического мифа о «Большом Взрыве». Несмотря на то, что теория Большого взрыва – одна из самых популярных на сегодняшний день, ее не так просто осознать.

По современным астрофизическим представлениям, наша Вселенная не существовала вечно в том виде, в котором мы ее сейчас наблюдаем. Эволюция Вселенной продолжается уже в течение $13,799 \pm 0,021$ млрд лет трансформацией из некоторого начального сингулярного состояния. С тех пор Вселенная и все ее материальное содержание непрерывно расширяется и охлаждается. Космологи, включая Я.Б. Зельдовича, к примеру, легко говорят, о замкнутой Вселенной, которая в начале Большого взрыва имела размер 10^{-33} см, т. е. на 20 порядков меньше атомного ядра, и которой закон сохранения энергии не запрещает возникновения «из ничего»: «Итак, общая теория относительности устраняет последнее препятствие на пути рождения Вселенной "из ничего". Энергия "ничего" равна нулю. Но и энергия замкнутой Вселенной тоже равна нулю. Значит, закон сохранения энергии не противоречит образованию "из ничего" замкнутой Вселенной»

Большой Взрыв трактуется, как своеобразный «Акт творения» Вселенной; событие, в результате которого появились и время, и материя. Именно поэтому бессмысленно задаваться вопросом «что было до Большого Взрыва?» – поскольку само время появилось ровно с началом данного события!

По этому поводу напрашивается следующий анекдот.

Лектор курского областного дома культуры, доктор физико-математических наук, профессор, Арон Яковлевич Дрейзеншток, завершая изложение теории «Большого взрыва», в очередной раз попытался привлечь внимание, согнанных на лекцию в приказном порядке «любопытных» слушателей.

«– Товарищи, я хотел бы принципиально отметить значение фазового перехода, вызвавшего экспоненциальное расширение Вселенной в период Космической инфляции, через 10^{-42} секунд после Большого взрыва сингулярности».

Оглядев после такого яркого окончания лекции, взглядом покорителя Галактик, ставшие уже пустеть ряды зала, Арон Яковлевич обратился к остаткам аудитории: «– Какие будут суждения? Все ли вам понятно касательно Большого взрыва и возникновения барионной асимметрии во Вселенной?»

В ответ раздался голос расположившейся в центре первого ряда, билетерши тети Даши: «– В принципе, то, что Вы докладывали о инфляционной модели Вселенной нам все ясно. Вот о Большом взрыве хотелось кое-что спросить. А где взяли столько взрывчатки?».

В противоположность предлагаемой современной наукой инфляционной модели возникновения Вселенной, в которой описываются процессы последо-

вательного формирования микро- макро- и мега миров, в предлагаемой читателям работе обсуждается фрактальная парадигма Мироздания, берущая свое начало в трудах ирландского учёного–физика Фурнье Д’Альба, известного своими высказываниями о самоподобии в природе, обозначенными, как «Два новых мира: **Инфра-мир** и **Супра-мир**».

Эти труды легли в основу становления теории бесконечного существования Вселенной и бесконечной вложенности материи. В частности, Д’Альба высказал точку зрения, что иерархическая лестница Мироздания простирается как вовнутрь материи в сторону уменьшения, так и возрастания ее размерного масштаба.

Придерживаясь взглядов Фурнье Д’Альба, относительно бесконечной вложенности материи, в данной работе нами обсуждается новая, **фрактальная парадигма Мироздания**, которая выдвигает на первый план тот факт, что глобальная масштабная иерархия природы является стратифицированной в дискретные масштабные уровни материи, из бесконечного числа которых, для нашего сознания, наиболее воспринимаемыми являются **Атомные, Звездные и Галактические** уровни.

Важным принципом данной парадигмы является то, что космологические уровни представляются, по определению, само-подобными: для каждого класса объектов или явлений в каком либо взятом масштабном уровне есть аналогичный класс объектов или явлений в каждом другом космологическом уровне, что приводит к подобию разномасштабных уровней материального мира.

Принцип самоподобия мироздания получил свое развитие в работах американского физика литовского происхождения – Бенуа Мандельброта – создателя математической теории простых иерархических (рекуррентных) само-подобных множеств.

Новая парадигма также выдвигает на первый план тот факт, что глобальная иерархия природы является весьма стратифицированной в дискретные уровни материи, из которых наиболее воспринимаемыми и постигаемыми являются **Атомные, Звездные и Галактические** уровни, т.е. те уровни, которые в настоящее время доступны для обнаружения и изучения.

Обращая внимание на факт высокой устойчивости объектов, входящих в состав той или иной «ступени» масштабной иерархии Мироздания, можно предположить, что причина таковой определяется **градиентом сил**, убывающих от центра объекта соответствующей структуры к его периферии, что выражено в градиенте плотности, также убывающей к периферии структурной конструкции.

Согласно данной логике, характеристика и физико-химические свойства структурных элементов материальных образований, таких, например, как плотность, деформационная устойчивость и т.п., должна не зависеть от принадлежности объектов к той или иной ступени масштабной иерархии, в том случае, когда измерения ведутся в одном и том же масштабном уровне.

Однако, если измерение и оценка перечисленных величин производится относительно метрических пространств, расположенных на разных уровнях масштабной иерархии Мироздания (рис.VII.9), то имеет место соотношение измеряемых величин, отличающееся на несколько десятков порядка, как это приведено в таблице (VI.1).

Так, наблюдения, ограниченные размерами «нашей» Метагалактики, свидетельствуют о наличии градиента плотности материи, которая снижается от ее центра к периферии. Действительно, расстояния между планетами Солнечной системы много больше размеров планет и самого Солнца. Расстояния между звёздами в созвездиях намного больше размеров звёзд, причём созвездия рассеяны в галактике гораздо реже, чем их собственные размеры. Галактики же рассеяны в нашей Метагалактике ещё реже, чем созвездия в галактике и т. д.

Всё это приводит к тому, что средняя плотность вещества быстро падает до умопомрачительно малых величин при переходе от Солнца (плотность $1,416 \text{ г/см}^3$) к нашей Галактике (10^{-24} г/см^3) и нашей Метагалактике ($2 \cdot 10^{-31} \text{ г/см}^3$).

Данный факт свидетельствует о наличие градиента силы гравитационного действия в разномасштабных структурных образованиях во Вселенной, возрастающей симбатно возрастающей плотности вещественной материи от периферии к центру соответствующих космических конструкций, и убывающей от центра к периферии с возрастанием расстояния, в соответствии с Законом всемирного тяготения (Законом обратных квадратов).

Следовательно, именно фрактальная структура Мира материи, т. е. структура, обладающая иерархичной системностью, обеспечивает бесконечную во времени гравитационную устойчивость расположенных в нем материальных образований от бесконечно микроскопического до бесконечно макроскопического масштабного уровня, что, безусловно, свидетельствует о единой физической модели Мироздания и подчеркивает несостоятельность всякого рода современных «теорий» возникновения вещественной материи во Вселенной, основанных на разного рода предположениях и тенденциозных интерпретациях экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Лурье С.Я.* Демокрит: Тексты, перевод, исследования – Л.: Наука, 1970. 664 с.
2. *Рожанский И.Д.* Развитие естествознания в эпоху античности. Ранняя греческая наука о природе. – М.: Наука, 1979.
3. *Р.Декарт* Первоначала философии Архивная копия от 11 июля 2021. Wayback Machine.
4. *Рейхенбах Г.* Философия пространства и времени. – М., 2003. — 320 с.
5. *Пайтген Х.О., Рихтер П. Х.* Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. – М.: «Мир», 1993.
6. *Зубов В. П.* Развитие атомистических представлений до начала XIX века – М.: Наука 1965.
7. *Солопова М. А.* Античный атомизм: к вопросу о типологии и истоках генезиса // Вопросы философии – 2011. – № 8. – С. 157–168.
8. *Воробьев Д. В.* О бесконечном Мелисса Самосского // Философские науки – М., 2003. – № 5 – С. 98–103.
9. *Зубов В. П.* К вопросу о математическом атомизме Демокрита // Вестник древней истории. – 1951.– № 4. – С. 204–208.
10. *Герлак Г.* Ньютон и Эпикур // Физика на рубеже XVII—XVIII вв.– М.: Наука, 1974. – С.44-74.
11. *Лысенко В. Г.* «Философия природы» в Индии: атомизм школы вайшешика. – М.: Наука; ГРВЛ, 1986. – 199 с.
12. *Смирнов А.В., Анисов А.М.* Логические основания философии времени мутазилов // Философский журнал. № 2(3). 2009. С. 132–163.
13. *Микешина Л. А.* Новая философская энциклопедия. В четырех томах. / Ин-т философии РАН. Научно-ред. совет: В.С. Степин, А.А. Гусейнов, Г.Ю. Семигин. М., Мысль, 2010, т. I, А - Д, с. 200.
14. *Соловьев Ю. И.* История химии. Развитие химии с древнейших времен до конца XIX века / Пособие для учителей. – 2-е изд пере-раб. – М.: Просвещение 1983. – 368 с,
15. *Мэлли М.* История открытия бета-излучения Успехи физических наук, Т. 2, вып. 2. – 1973. – С. 389–398.
16. *Резерфорд, Э.* Строение атома и искусственное превращение элементов. // Избранные научные труды / Отв. ред. Г.Н.Флеров. Сост. и ред. перевода Ю.М.Ципенюк.. – М.: Наука, 1972.
17. *Бор Н.* Атомная физика и человеческое познание. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1961г.

18. Сергей Хайтун. От эргодической гипотезы к фрактальной картине мира: рождение и осмысление новой парадигмы – М: КомКнига, 2007.
19. *Климишин И.А.* Релятивистская астрономия. – 2-е изд. – М.: Наука, 1989. — С. 41– 46.
20. *Новиков И.Д.* Тяготение (гравитация, гравитационное взаимодействие) // Физика. Большой энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров. – 4-е изд. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. – С. 772–775. – 944 с.
21. *Капустинская К. А.* Анри Беккерель. – М.: Атомиздат, 1965. – 84 с.
22. *LaFave, T., Jr.* Correspondences between the classical electrostatic Thomson problem and atomic electronic structure (англ.) // J. Electrostatics: journal. – 2013. – Vol. 71, no. 6. – P. 1029 –1035
23. *Милликен Р.* Электроны, протоны, фотоны, нейтроны и космические лучи. – М. – Л.: Государственное объединенное научно-техническое издательство НКТП СССР, 1939. –310 с.
24. *Mills R.L.* The Grand Unified Theory of Classical Quantum Mechanics, November 1995 Edition, Library of Congress Catalog Number 94-077780 number ISBN 0-9635171-1-2.
25. *Chadwick, James.* Bakerian Lecture The Neutron (англ.) // Proceedings of the Royal Society A: journal. –1933. – Vol. 142, no. 846. –P. 1–26.
26. *Крушев А. А., Крушев Д. А., Крушев Дм. А.,* Формирование структур атомов связанными протон-электронными парами. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2011. № 2.
27. *Додонов В. В., Манько В. И.* Обобщения соотношений неопределённостей в квантовой механике. – Труды ФИАН СССР. – 1987. – Том 183. – С. 5-70.
28. Фриш, С.Э. Оптические спектры атомов / С.Э. Фриш. – М.-Л.: из-во ФМЛ, 1963.
29. *Щёлкин К.И.* Виртуальные процессы и строение нуклона // Физика микромира. – М.: Атомиздат, 1965. – С. 75.
30. *Сивухин Д.Е.* Общий курс физики. – 3-е издание, – М.: Физматлит, 2002. – Т. V. Атомная и ядерная физика. –784 с.
31. *Корсунский М. И.* Нейтрон. – М., Л.: ОНТИ, 1935. — 224 с.
32. *E. Rutherford,* Philos. Mag, 6, 21. Э. Резерфорд “Избранные научные труды,” (Русский перевод) стр. 207, отв. ред. акад. Г.Н. Флеров
М. Айзенберг, В. Грайнер. Микроскопическая теория ядра. – М.: Атомиздат, 1976. – 488 с.

33. Белонучкин В. Е., Заикин Д. А., Ципенюк Ю. М. Основы физики. Курс общей физики. В 2 т. – Т. 2. Квантовая и статистическая физика / Под ред. Ю. М. Ципенюка. – М.: Физмалит, 2001.
34. Баренбаум А. А. Галактика, Солнечная система, Земля. Соподчиненные процессы и эволюция // М.: ГЕОС. – 2002.
35. Басс Ф. Г., Яковенко В. М. Теория излучения заряда, проходящего через электрически неоднородную среду // Успехи физических наук. 1965. Т. 86, № 2. С. 189–230.
36. Юков Е. А. Спектральная линия // Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994.
37. Вайнштейн Л.А. Атомная спектроскопия (спектры атомов и ионов). – М.: Изд-во МФТИ, 2011. – 235 с
38. «Физическая энциклопедия», т. 1, статья «Бальмера серия» Архивная копия от 15 марта 2012 на Wayback Machine.
39. Храмов Ю.А. Бальмер Иоганн Якоб // Физики: Биографический справочник / Под ред. А.И. Ахиезера – Изд. 2-е, – М.: Наука, 1983. – С. 23. – 400 с.
40. Paul Huber. Hagenbach. Jakob Eduard // Neue Deutsche Biographie (нем.). – Berlin: Duncker & Humblot, 1966. – Bd. 7. – S. 485– 486.
41. Храмов Ю.А. Ангстрем Андерс Йонас // Физики: Биографический справочник / Под ред. А.И. Ахиезера . – Изд. 2-е, испр. и доп. – М. : Наука, 1983. – С. 15. – 400 с.
42. Храмов Ю.А. Рунге Карл Давид Толме (Runge Carl David Tolme) // Физики : Биографический справочник / Под ред. А.И. Ахиезера . – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Наука, 1983. – С. 239. – 400 с.
43. Ридберг Йоханнес Роберт // Большая советская энциклопедия [в 30 т.] / под ред. А.М. Прохорова — 3-е изд. — М.: Советская энциклопедия, 1969.
44. Бронштейн М.П. Атомы и электроны. «Библиотечка “Квант”». Вып. 1. – М.: Наука, 1980.
45. Бор Н. Избранные научные труды (статьи 1909–1925). – М. : «Наука», 1970. – Vol. 1 – Р. 133.
46. Дж. Джексон. Классическая электродинамика / И. Г. Нахимсон. — Москва, 1-й Рижский пер., 2: Мир, 1965. – С. 212, 510.
47. Рабинович В. А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. Изд. 2-е, испр. и доп. – Л.: Химия, 1978. – 392 с.

48. *Спроул Р.Л.* Современная физика. Квантовая физика атомов, твердого тела и ядер. – М.: Наука, 1974. – 591 с.
49. *Храмов Ю.А.* Хунд Фридрих (Hund Friedrich) // Физики : Биографический справочник / Под ред. А.И. Ахиезера . – Изд. 2-е, – М. : Наука, 1983. – С. 292.
50. Атомные орбитали и их графическое представление от 9 февраля 2023 на Wayback Machine на сайте «Библиотека по химии».
51. *Кулигин В.А.* Анализ ошибок и заблуждений в современной электродинамике LAP, Berlin. 2012.
52. *Kreidik L. G. and Shpenkov G. P.* Alternative Picture of the World, Geo. S., Bydgoszcz, 1996. Vol. 1: Mathematical Expression of the Main Categories of Philosophy and Logic, Kinematics and Dynamics of Exchange; 158 p.
53. Shpenkov G. P. Conjugate Fields and Symmetries, APEIRON, Vol. 11, No. 2, 349-371, (2004);
54. *Кириченко Н. А.* Квантовая физика конденсированных систем: учеб. пос. по направлению «Прикладные математика и физика» / – Москва: МФТИ, 2012. – 199 с.
55. *Шрёдингер Э.* Новые пути в физике: Статьи и речи. – М.: Наука, 1971.
56. Тиман А. Ф., Трофимов В. Н. Введение в теорию гармонических функций. М. Наука. 1968 г. 208с.
57. Вихман Э. Квантовая физика. – М.: Наука, 1977. – С. 156–157, 185, 187–188. – 415 с.
58. Планетарная модель атома. Постулаты Бора от 21 февраля 2009 на Wayback Machine на Портале естественных наук. Архивная копия от 26 ноября 2009 на Wayback Machine
59. Н. Бор. О строении атомов // УФН 1985. – Т. 3, № 4. – С. 417-448.
60. *Исаак Ньютон.* Математические начала натуральной философии. Перевод с латинского и примечания А.Н.Крылова / под ред. Полака Л. С.. – М.: Наука, 1989. – С. 40– 41. – 690 с.
61. *Ишлинский А. Ю.* Классическая механика и силы инерции. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
62. *Кузнецов Р. А.* Нормированные спектры тормозного излучения для разных энергий электронов // Активационный анализ. – 2. – М.: АТОМИЗДАТ, 1974. – С. 111. – 344 с.
63. Тормозное излучение. Активная копия от 18 января 2017 на Wayback Machine (рус).

64. *Гелий Павлинский*. Тормозное рентгеновское излучение // Основы физики рентгеновского излучения – М.: Физматлит, 2007. – С. 47. – 239 с.
65. *Савельев И. В.* Курс общей физики. В 5-и тт. Том 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. Учебное пособие для ВУЗов. 2025. 376 с.
66. Белые пятна Солнечной системы/ Волков А. В. – М.: Ниола-Пресс, 2008. – 319 с.
67. *Ельяшевич М. А.* Тепловое излучение // Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров – М.: Советская энциклопедия (т. 1– 2); Большая Российская энциклопедия (т. 3 – 5), 1988 – 1999.
68. *Арнольд В. И.* Потеря устойчивости автоколебаний вблизи резонансов, Нелинейные волны / Ред. А. В. Гапонов-Грехов. – М.: Наука, 1979. С. 116 – 131.
69. *Храмов Ю.А.* Кирхгоф Густав Роберт (Kirchhoff, Gustav Robert) // Физики : Биографический справочник / Под ред. А.И. Ахиезера. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Наука, 1983. – С. 133.
70. *Райзер Ю. П.* Физика газового разряда. – 3-е изд., переработанное и дополненное. – Долгопрудный: Интеллект, 2009. – 734 с.
71. *Максвелл Дж.К.* Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: ГИТТЛ, 1952. – 687 с.
72. *Тарг С.М.* Ньютона законы механики: [в 5 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров – М.: Большая российская энциклопедия, 1992. –Т. 3: Магнитоплазменный – Пойнтинга теорема. – С. 370. – 672 с.
73. *Булыгин В. С.* Электромагнитные волны // Большая российская энциклопедия: [в 35 т.] / гл. ред. Ю.С. Осипов. – М.: Большая российская энциклопедия, 2004–2017.
74. *Кавендиш Г.* Опыты по определению плотности Земли // Классики физической науки / Голин Г. М., Филонович С. Р. – М.: Высшая школа, 1989. – С. 253–268. – 576 с.
75. *Милликен Р.* Электроны, протоны, фотоны, нейтроны и космические лучи. – М. – Л.: Государственное объединенное научно-техническое издательство НКТП СССР, 1939. – 310 с.
76. Курков А.А. ГРАВИТАЦИЯ В МИКРОМИРЕ // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 5. – С. 58-62.
77. *Тредер Г.Ю.* Теория гравитации и принцип эквивалентности. – М.: Атомиздат – 1973.

78. *Храмов Ю.А.* Этвёш Роланд (Лоранд) фон (Eötvös Lorand von) // Физики : Биографический справочник / Под ред. А.И. Ахиезера. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Наука 1983. – С. 312. – 400 с.
79. *Савельев И.В.* § 46. Сила, действующая на ток в магнитном поле. Закон Ампера // Курс общей физики. – М.: Наука, 1970. – Т. II. Электричество. – С. 156–157. – 439 с.
80. *Dirac P.A.M.*, Letters to the Editor: The Cosmological Constants, Nature, 1937, Vol. 139, P. 323.
81. *G. Gorelik*: Hermann Weyl and large numbers in relativistic cosmology. In: Y. Balashov and V. Vizgin (eds) Einstein Studies In Russia (Birkhaeuser, Boston, 2002).
82. *Eddington A. S.* Preliminary Note on the Masses of the Electron, the Proton, and the Universe. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, Volume 27, Issue 01, January 1931, pp 15-19.
83. *Eddington A. S.* New Pathways in Science. Cambridge University Press, Cambridge, 1935, a 233-234.
84. *Храмов Ю.А.* Иордан Паскуаль (Jordan Pascual) // Физики: Биографический справочник / Под ред. Ахиезера А.И. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Наука, 1983. – С. 120. – 400 с.
85. *Храмов Ю.А.* Клейн Оскар Бенджамин (Klein Oskar Benjamin) // Физики : Биографический справочник / Под ред. Ахиезера А.И. . – Изд. 2-е, испр. и доп. – М. Наука: 1983. – С. 135. – 400 с.
86. *Барсуков, В. И.* Физика. Строение и физические свойства вещества: учебное пособие / В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 80 с.
87. *Федосин С.Г.* Физические теории и бесконечная вложенность материи. Пермь, 2009, 844 стр., Таб л. 21, Ил.41, Библ. 289 назв.
88. *Логунов А.А., Мествиришвили М.А.* Основы релятивистской теории гравитации. – Изд-во МГУ, 1986, с. 308.
89. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теория поля. –Издание 7-е, исправленное. – М.: Наука 1988. – 512 с.
90. *Федосин С.Г.* Современные проблемы физики. В поисках новых принципов, М: Эдиториал УРСС, 2002, 192 стр., Ил.26, Библ. 50 назв.
91. Юкава Хидэки // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
92. *Бояркин А.М.* Введение в физику элементарных частиц. 2-е изд. – М.: Ком-Книга, 2006. – 264 с.

93. *Madsen, Mark S.; Liddle, Andrew R.* The cosmological formation of boson stars (англ.) // *Physics Letters B: journal.* – 1990. – Vol. 251, no. 4.
94. *Ройзен И.* Новый сюрприз Вселенной: темная энергия // *Наука и жизнь*, № 3, 2004.
95. *Абдус Салам.* «Калибровочное объединение фундаментальных сил. // *Успехи физических наук*, том 132, выпуск 2, октябрь 1980.
96. *Федосин Сергей.* Основы синкретики. Философия носителей, М: Эдиториал УРСС, 2003, ISBN 5-354-00375-X. (464 стр., Табл.28, Ил.11, Библ. 102 назв.).
97. *Griffiths, David J.* Introduction to Elementary Particles. — Wiley, John & Sons, Inc, 1987.
98. *Сухонос С. И.* Структура устойчивых уровней организации материального мира. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992., а также Сухонос С. И. Масштабная гармония Вселенной. – М., София, 2000, 312 с,
99. *Yun Pyo Jung.* «Infinite Universe in A Mote», Saguejul Publishing Co., 1994, 290 pages. Безграничная Вселенная в пылинке.
100. *Хлопов М. Ю.* Дефект массы // *Физическая энциклопедия* : [в 5 т.] / Гл. ред. Прохоров А.М. — М.: Советская энциклопедия. 1988. — Т. 1: Ааронова — Бома эффект — Длинные линии. — С. 591. — 707 с.
101. *Гинзбург В.Л., Ерошенко Ю.Н.* Еще раз о принципе эквивалентности // *УФН* –1995. – Т. 165. – С. 205–211.
102. *Джеммер М.* Понятие массы в классической и современной физике. — М.: Прогресс, 1967. — 255 с.
103. *Сондере У.*, Скорости реакций изотопных молекул, пер. с англ., М., 1983. В. Н. Бердников.
104. *Миклухин Г. П.*, Изотопы в органической химии, Изд. АН УССР, Киев, 1961.
105. *Рогинский С. З.*, Теоретические основы изотопных методов изучения химических реакций, Изд. АН СССР, М., 1956.
106. *Лидин Р.А.* Справочник по общей и неорганической химии. — М.: КолосС, 2008.
107. *Пудовкин М. И.* Солнечный ветер // *Соросовский образовательный журнал*, 1996, № 12, с. 87-94.
108. *Ермолаев Ю.И., Николаева Н.С. Лодкина И. Г., Ермолаев М. Ю.* Относительная частота появления и геоэффективность крупномасштабных типов солнечного ветра // *Космические исследования.* – 2010. – Т. 48, № 1. – С. 3–32.
109. *Хундхаузен А.* Расширение короны и солнечный ветер / Пер. с англ. М.: Мир, 1976.

110. Звездообразование. Физическая энциклопедия. www.femto.com.ua. Дата обращения: 15 апреля 2021. Архивировано 23 июня 2021 года.
111. *Сурдин В.Г.* *Астрономия: век XXI.* – 3-е изд. – Фрязино: Век 2, 2015. – 608 с.
112. *Засов А.В., Постнов К.А.* *Общая астрофизика.* – 2-е изд., испр. и дополн. – Фрязино: Век 2, 2011. – 576 с.
113. *Шкловский И. С.* *Звёзды: их рождение, жизнь и смерть.* – М.: Наука, 1975. – 367 с.; 2-е изд. – М.: Наука, 1977. – 383 с.; 3-е изд., перераб. – М.: Наука, 1984. – 384 с.
114. *Ryan S. G., Norton A. J.* *Stellar Evolution and Nucleosynthesis.* – N. Y.: Cambridge University Press. 2010. – 236 p.
115. *Кононович Э. В., Мороз В.И.* *Общий курс астрономии.* — 2-е, исправленное. — М.: УРСС, 2004. — 544 с.
116. *Chadwick, James.* The Existence of a Neutron (англ.) // *Proceedings of the Royal Society: journal.* – 1932. – Vol. 136, no. 830. – P. 692–708.
117. *Богуненко Н. Н., Пелипенко А. Д., Соснин Г. А.* *Иоффе Абрам Фёдорович // Герои атомного проекта.* – Саров: Росатом, 2005. – С. 172–173.
118. *Кузнецова Р. В.* *Первый среди равных: Игорь Васильевич Курчатов как учёный-новатор (1920–1942 гг.).* – М.: Изд-во РНЦ «Курчатовский институт», 2010. – 240 с.
119. *Дрёмин И. М.* *Физика на большом адронном коллайдере // УФН: журнал.* – 2009. – Т. 179, № 6.
120. *Намбу Ё.* *Кварки.* – М.: Мир, 1984. – 225 с.
121. *Боголюбов Н.Н., Логунов А.А., Оксак А.И., Тодоров И.Т.* *Общие принципы квантовой теории поля.* – Москва: Наука, 1987. – С. 226, 227. — 616 с.
122. *Фермион // Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров* – М.: Большая российская энциклопедия 1999.
123. *Ферми Э.* *Элементарные частицы.* – М.: ИЛ, 1953.
124. *The Nobel Prize in Physics (англ.).* *Нобелевский фонд.* Дата обращения: 17 июня 2012. Архивировано 22 июня 2012 года. *Нобелевская премия по физике (2004).*
125. *И. М. Дрёмин, Кайдалов А.Б.* *Квантовая хромодинамика и феноменология сильных взаимодействий // Успехи физических наук, Т. 176, № 3., с. 275, 2006 г.*
126. *Боголюбов Н.Н., Логунов А.А., Оксак А.И., Тодоров И.Т.* *Общие принципы квантовой теории поля.* – Москва: Наука, 1987. – С. 228.

127. *Емельянов В. М.* Стандартная модель и её расширения. – М.: Физматлит, 2007. – 584 с.
128. *Гурская Альбина Валентиновна, Долгополов Михаил Вячеславович.* О разрешимости сценариев бозонов Хигса в неминимальной суперсимметрии в пределе соответствия // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Физико-математические науки. – 2016. – № 4.
129. *Hawking S. W.*, The occurrence of singularities in cosmology, III. Causality and singularities, Proc. Roy. Soc. L., A300, 187–201 (1967).
130. *Арефьева И.Я.* Голографическое описание кварк-глюонной плазмы, образующейся при столкновении тяжелых ионов. // Успехи физических наук. – Российская академия наук, 2014. – С. 572
131. *Файнберг В.Я.*: Антивещество // Анкилоз –Банка. – М.: (Большая российская энциклопедия: [в 35 т.] / гл. ред. Ю.С. Осипов; 2004–2017, т. 2.
132. *Хохлов А. М.* Взрывной нуклеосинтез // Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – Т. 1: Ааронова – Бома эффект – Длинные линии. – С. 270–271. – 707 с.
133. *Сажин М.В.* Современная космология в популярном изложении. – М.: Едиториал УРСС, 2002. – 240 с.
134. *Анна Ийас, Абрахам Лоеб, Пол Стейнхард* Была ли инфляция? // В мире науки. – 2017. – № 4. – С. 36 – 43.
135. *Храмов Ю.А.* Видероз, Рольф // Физики : Биографический справочник / Под ред. А.И. Ахиезера. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М. : Наука, 1983. – С. 62. – 400 с.
136. *Д. Куксей, Е. О. Лоуренс.* «Циклотрон» // Успехи физических наук, том 18, выпуск 4, август 1937.
137. *Грехем Л.Р.* Глава XI. Релятивистская физика. Теория Великого Объединения //Естествознание, философия и науки о человеческом поведении в Советском Союзе – М.: Политиздат. 1991.
138. *Бэгготт Джим.* Бозон Хиггса. От научной идеи до открытия «частицы Бога». – М.: Центрполиграф, 2015.–255 с.
139. *Рубаков В.А.* Классические калибровочные поля: Бозонные теории. Издание 3-е. –М.: УРСС, 2010.
140. *Will С.М.* Twilight time for the fifth force? - Sky and Telescope, 1990, November, p. 472-479.
141. *Ерозолимский Б.Г.* Бета-распад нейтрона. УФН. 1975. Том 116. С. 145–164
142. *Окунь Л.Б.* Лептоны и кварки. – М.: Едиториал УРСС, 2005.

143. *Маляров В. В.* Основы теории атомного ядра. – М.: Наука, 1959. – С. 177, 182, 198
144. *И.М. Франк* Модель составного ядра Н. Бора и нарушение четности // УФН – 1986.Т. 14, № 4.
145. *Бартоломей Г.Г., Байбаков В.Д., и др.* Основы теории и методы расчета ядерных энергетических реакторов. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – С. 512.
146. *Мухин К.М.* Экспериментальная ядерная физика ядерная физика. – Москва: Энергоатомиздат, 1993. – С. 125.
147. *И.М. Капитонов.* Введение в физику ядра и частиц. М.: МГУ, 2000.
148. *И. А. Михайлов.* Вайцзеккер // Новая философская энциклопедия: в 4 т. / пред. науч.-ред. совета В.Ц. Стёпин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Мысль, 2010. – 2816 с.
149. *Медведев Б. В., Широков Д.В.* П.А.М. Дирак и становление основных представлений квантовой теории поля. // УФН 1987. – Т. 153, вып. 9, № 1. – С. 59–104.
150. *Клименко А. В., Клименко В. А.* Частицы, античастицы и гравитация. Анти-тяготение // Вестник ЧелГУ. – 2013. – № 17
151. Ядерные модели // Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров – М.: 1988-1998.
152. Франк И.М. Модель составного ядра Бора и нарушение четности // УФН 1986. – Т. 14, № 4.
153. Schutz M, J.C. Einheit des Wirklichen. Carl Friedrich von Weizsackers Denkweg, 1986.
154. *Алонсо, Марсело; Финн, Эдвард Дж.* Фундаментальная университетская физика. Том. III. Квантовая и статистическая физика. — Addison-Wesley Publishing Company, 1969. — С. 297.
155. *Генперт-Майер М., Йенсен Х.,* Элементарная теория ядерных оболочек, Иностранная литература, М., 1958.
156. *Бор О., Моттельсон В.,* Структура атомного ядра, пер. с англ., т. 1 - 2, М., 1971 - 77;
157. *В.Паули.* Принцип запрета, группа Лоренца, отражение пространства, времени и заряда // Нильс Бор и развитие физики. – М., ИЛ, 1958. – с. 46-74.
158. *О. Бор.* О структуре атомных ядер. //УФН – 1958. – Т. 65, вып. 7. – С. 489.
159. *Соловьев В.Г.* Теория атомного ядра. Квазичастицы и фононы. М.: Наука, 1989.

160. *О. Бор*. Вращательное движение в ядрах. //УФН –1976. – Т. 120, вып. 12. – перевод Нобелевской лекции, прочитанной в Стокгольме 11 декабря 1975.
161. *Валантэн Л.* Субатомная физика: ядра и частицы. -М.: Мир, 1986.
162. *Мухин К.Н.* Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. СПб.: Издательство «Лань», 2008. Т.1, Глава II, стр.117-162.
163. *Широков Ю.М., Юдин Н.П.* Ядерная физика. Изд. 2е. М.: Наука, 1980. Глава III.
164. *В.И. Навроцкая В.И., Назмитдинов Р.Г.* Некоторые вопросы парных корреляций в конечных Ферми-системах. //Физика элементарных частиц и атомного ядра. 2000. Т. 31. Вып.4.
165. *Тамм И.Е.* Яков Ильич Френкель. //Успехи физических наук — 1962. — Т. LXXVI, № 3. — С. 414.
166. *Соловьев В. Г.*, Основные свойства сверхтекучей модели ядра, Докл. АН СССР, 1961, том 139, номер 4, 847–850.
167. *Seiringer R.* The Thermodynamik Pressure of a Dilute Fermi Gas / Commun. Math. Phys. – 261. – 2006. – pp. 729–758.
168. *Неудачин В.Г. Смирнов Ю.Ф.* Нуклонные ассоциации в легких ядрах. М.: Наука. 1969.
169. *Храмов Ю.А.* Фешбах Герман (Feshbach Herman) // Физики : Биографический справочник / Под ред. А.И.Ахиезера. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Наука. 1983. – С. 277.
170. *Л. Валантен.* Субатомная физика: ядра и частицы. Т-1, Т-2, М.: Мир 1986.
171. *Беляев С. Т., Владимирский В. В., Гинзбург В. Л., Данилов М. В., Зацепин Г. Т., Кадышевский В. Г., Окунь Л. Б., Розенталь И. Л., Скринский А. Н.* Памяти Иосифа Соломоновича Шапиро // Успехи физических наук : Журнал. – Москва, 1999. – Август (т. 169, № 8). – С. 929–930.
172. *Васильев А.* Деление урана: от Клапрота до Гана // Квант – 2001 - №4 – С.20,21,30.
173. *Irene Joliot-Curie, and Павле Савич.* On the Nature of a Radioactive Element with 3.5-Hour Half-Life Produced in the Neutron Irradiation of Uranium (англ.) //: Comptes Rendus journal. – 1938. – Vol. 208, no. 906. – P. 1643.
174. *Niels Bohr, John Archibald Wheeler.* The Mechanism of Nuclear Fission // Physical Review. – 1939. – Vol. 56, № 5. – P. 426– 450.
175. *Шрёдингер Э.* К принципу неопределённостей Гейзенберга // Избранные труды по квантовой механике – М.: Наука, 1976. – С. 210–217.

176. Франк И.М. Модель составного ядра Н. Бора и нарушение четности/ УФН. –1986. – Т. 14, № 4.
177. Н.Бор. Захват нейтрона и строение ядра. //УФН–Т. 14, вып. 4, № 4. – С. 425–435
178. Бете Г., Моррисон Ф. [Элементарная теория ядра](#). – М: Иностранная литература, 1958. – С. [207](#)–209.–352 с.
179. Маляров В. В. Основы теории атомного ядра. – М.: Наука, 1959. – С. 177, 182, 198
180. Голашвили Т.В., Чечев В.П.// Справочник нуклидов М. «МЭИ», 2011.
181. Паули В. Мезонная теория ядерных сил. – М.: ИЛ, 1952
182. Bertulani, Carlos. Nuclear Physics in a Nutshell – Princeton University Press, 2007.
183. Яворский Б. М. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов. – М.: Оникс, 2007. – 1056 с.
184. Дремин И.М., Кайдалов А.Б. Квантовая хромодинамика и феноменология сильных взаимодействий. Успехи физических наук (март 2006).
185. K. Migkas, G. Schellenberger, T. H. Reiprich, F. Pascaud, M. E. Ramos-Ceja, L. Lovisari. Известно научное исследование, свидетельствующее об анизотропии расширения Вселенной. // Probing cosmic isotropy with a new X-ray galaxy cluster sample through the LX-T scaling relation // arXiv.org.7 Apr. 2020
186. Cerdeño, David G.; Green, Anne M. (2010). Bertone, Gianfranco (ed.). "Direct detection of WIMPs". Particle Dark Matter: Observations, Models and Searches: 347–369.
187. Эйнасто Я., Чернин А.Д. Тёмная материя и тёмная энергия. – М.: Век-2, 2018. – 176 с.
188. E. P. Verlinde, Emergent Gravity and the Dark Universe, SciPost Phys. 2 (2017) 016 [1611.02269].
189. М.Борн. Атомная физика / Перевод с англ. М.: Мир, 1968-483 с
190. К. Бракнер Теория ядерной материи. – М., Мир, 1964. – 302 с.
191. Медведев Б.В. Начала теоретической физики. Механика, теория поля, элементы квантовой механики. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.
192. Солнце // Физика космоса: Маленькая энциклопедия / Под ред. Р.А. Синяева –2-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – С. 37. – 783 с.
193. Пудовкин М. И. Солнечный ветер// Соросовский образовательный журнал, 1996, No 12, с. 87-94.

194. *Лившиц М. А.* Солнце // Физика космоса: маленькая энциклопедия / Гл. ред Р.А. Сюняев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – С. 37–49. – 783 с.
195. *Scott, T. C.; Lüchow, A.; Bressanini, D.; Morgan, J. D. III.* The Nodal Surfaces of Helium Atom Eigenfunctions (англ.) // *Phys. Rev. A: journal.* – 2007. – Vol. 75, no. 6. – P. 060101.
196. *E. Rutherford*, «The Scattering of α and β Particles by Matter and the Structure of the Atom», *Philos. Mag.*, vol 6, pp.21, 1909.
197. Окунев В. С. Характеристики радиоактивного распада // Основы прикладной ядерной физики и введение в физику ядерных реакторов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – С.
198. *Бу, Ц.С. Мошковский С. А.* Бета-распад. – М.: Атомиздат, 1970. – 397 с.
199. *Aurel Bulgac et al.* Induced Fission of within a Real-Time Microscopic Framework, *Physical Review Letters* (2016).
200. *Наумов А. И.* Физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: «Просвещение», 1984. – С. 191.
201. И. М. Капитонов «Введение в физику ядра и частиц»: Учебное пособие. М.: Едиториал УРСС, 2002. – 384 с
202. *Резерфорд, Э.* Строение атома и искусственное превращение элементов. // Избранные научные труды / Отв. ред. Г.Н.Флеров. Сост. и ред. перевода Ю.М.Ципенюк.. – М.: Наука, 1972. — (Классики науки).
203. *Резерфорд, Э.* Радиоактивность. // Избранные научные труды / Отв. ред. Г.Н.Флеров. Сост. и ред. перевода Ю.М.Ципенюк.. – М.: Наука, 1971. – (Классики науки).
204. *Резерфорд Э.* Нуклеарное строение атома // Успехи физических наук – Российская академия наук, 1921. – Т. 2, № 2.
205. *Aurel Bulgac et al.* Induced Fission of within a Real-Time Microscopic Framework. *Physical Rewiev Letters* (2016).
206. *Симанов А. Л.* Постнеклассическая физика. Методологические и эмпирические проблемы // Гуманитарные науки в Сибири – 2006. – № 1. – С. 12-21.
207. *Дрёмин И. М.* Физика на большом адронном коллайдере // УФН: журнал. – 2009. – Т. 179, № 6.
208. *Михайлишина Г. Ф.* Постнеклассическая физика как основа современного стиля мышления. // Наука и школа. – 2010. – № 3. – С. 82-84.
209. *А. Ф. Зотов.* Мах // Новая философская энциклопедия: в 4 т. / пред. науч.-ред. совета В.С. Степин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Мысль, 2010. – 2816 с.

210. *Шмутцер Э.* Теория относительности - современное представление. – М.: Мир, 1981. – 232 с.
211. *Погребысский И.Б.* Готфрид Вильгельм Лейбниц. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Наука, 2004. – 270 с.
212. *Эрнст Кассирер.* Жизнь и учение Канта = Kants Leben und Lehre. – Санкт-Петербург: Книга света, 1997. – 447 с.
213. *Гулыга А.В., Андреева И. С.* Шопенгауэр. М.: Молодая гвардия, 2003. – 367 с. (ЖЗЛ, Вып. 846).
214. *Гинсбург В.Л.* К трехсотлетию «Математических начал натуральной философии» Исаака Ньютона // УФН. – 1987. – Т. 151. – С. 119–141.
215. *Гиндкин С.Г.* Рассказы о физиках и математиках – 3-е изд., расш. – М.: МЦНМО, 2001. – 465 с.
216. Жозеф Луи Лагранж, 1736–1936. Сб. статей к 200-летию со дня рождения. М. – Л.: Изд. АН СССР, 1937.
217. *Франкфурт У. И.* Закон сохранения и превращения энергии. – 1е. – М.: Наука, 1978. – 196 с.
218. *Надежин Д. К.,* Конечные стадии эволюции звезд и вспышки сверхновых, в кн.: Итоги науки и техники. Сер. Астрономия, т. 21, М., 1982.
219. *Соболев В. В.* Курс теоретической астрофизики. М.: Наука, 1985.
220. *Шкловский И.С.* Звезды: их рождение, жизнь и смерть – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – С. 102–103. – 384 с.
221. *Алексеев Г. Н.* Энергия и энтропия. – М.: Знание, 1978. – 192 с. – (Жизнь замечательных идей).
222. *Базаров И. П.* Заблуждения и ошибки в термодинамике. – М.: УРСС, 2003. – 120 с.
223. Самоорганизующиеся системы / Под ред. Т. Н. Соколова. – М.: Мир, 1964. — 434 с.
224. *Лазарев П.П.* Гельмгольц. – М., 1959. – 103 с.
225. *К. Коулсон.* Межатомные силы от Максвелла до Шрёдингера // УФН. – 1963. – Т. 81, вып. 11. – С. 545–556.
226. *Левин М. Л., Миллер М.А.* Максвелловский трактат о электричестве и магнетизме. // УФН – 1981. – Т. 135, вып. 11. – С. 425–440.
227. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. – М. – Ижевск: РХД, 2001.
228. *Swenson, L. S.* The Michelson-Morley-Miller Experiments before and after (англ.) // Journal for the History of Astronomy. – 1970. – Vol. 1. – P. 56 –78.

229. *Столяров, С. Н.* Физо опыт // Физическая энциклопедия [в 5 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Большая российская энциклопедия, 1999. – Т. 5: Стробоскопические приборы – Яркость. – С. 322. – 692 с.
230. *Хал Хеллман.* Глава 6. Лорд Кельвин против геологов и биологов: Возраст Земли // Великие противостояния в науке. Десять самых захватывающих диспутов – Great Feuds in Science: Ten of the Liveliest Disputes Ever. – М.: Диалектика, 2007. – С. 320.
231. *Гинзбург В.Л.* Как и кто создал теорию относительности? в Эйнштейновский сборник, 1974. – М.:Наука, 1976. – С. 351–385. – 400 с.
232. *Хлопов М. Ю.* Дефект массы // Физическая энциклопедия: [в 5 т.] / Гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 1988.
233. Минковский Герман // Большая советская энциклопедия [в 30 т.] / под ред. А.М. Прохорова – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969.
234. *Дирак П. А. М.* Общая теория относительности. – М.: Атомиздат, 1978.
235. *Риман Б.* Сочинения М.-Л.: ОГИЗ. Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1948
236. Грин Б. Элегантная Вселенная. Суперструны. Скрытые размерности и поиски окончательной теории: Пер. с англ = Brian Greene. The Elegant Universe: Superstrings, Hidden Dimensions, and the Quest for the Ultimate Theory (1999) / Под ред. В. О. Малышенко. – М.: Либроком, 2011. – 288 с.
237. *Бухбиндер И. Л.* Теория струн и объединение фундаментальных взаимодействий. // Соровский общеобразовательный журнал – 2001, № 7. – С. 99.
238. *Лаплас П. С.* Изложение системы мира. – М.: Наука, 1982, с. 309
239. *Хакен Г.* Квантополевая теория твердого тела. – М.:Наука, 1980. – 344 с.
240. *Брус Дж., Джиблин П.* Кривые и особенности: Геометрическое введение в теорию особенностей, – М.: Мир, 1988.
241. *Постон Т., Стюарт И.* Теория катастроф и её приложения, – М.: Мир, 1980.
242. *Пригожин И.* Неравновесная статистическая механика. – М.: Мир, 1964. – 314 с.
243. *Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г.* Синергетика и прогнозы будущего. – М., 1997.
244. *Сергей Хайтун.* От эргодической гипотезы к фрактальной картине мира: рождение и осмысление новой парадигмы – М: КомКнига, 2007.
245. *Франкфурт У. И., Френк А. М.* Христиан Гюйгенс. – М.: Наука, 1962

246. Полное собрание трудов: в 5 т. / Л. И. Мандельштам; под ред.: С. М. Рытова, М. А. Леонтовича; вступ. ст. Н. Д. Папалекси. – М.: Изд-во АН СССР, 1947. – 1955.
247. Аверко-Антонович И.Ю. Методы исследования структуры и свойств полимеров, 2002, 605 с.
248. Сидоров Л. Н., Иоффе И. Н. Эндоэдральные фуллерены // Соросовский образовательный журнал. 2001, № 8, с.31.
249. Гавезотти А., Кучицу К., Симонетта М. Молекулярные структуры. Прецизионные методы исследования. МИР, Москва, 1997 г., 671 стр.
250. Бейдер Р. Атомы в молекулах. Квантовая теория. М.: Мир, 2001. – 532 с.
251. Березин Ф. А. Лекции по статистической физике. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 192с. (2-е изд, испр. Изд-во: МЦНМО, 2008. – 200 с.
252. Батыгин В. В., Топтыгин И. Н. 3.2. Кинематика релятивистских частиц // Современная электродинамика, часть 1. Микроскопическая теория. – Москва, Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – С. 238. – 736 с.
253. Гомеостаз // Большая советская энциклопедия: [в 30 т.] / гл. ред. А.М. Прохоров – 3-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1978.
254. Рожанский И.Д. Анаксагор: У истоков античной науки. – М.: Наука, 1972. – 320 с.
255. Погребысский И.Б. Готфрид Вильгельм Лейбниц. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Наука, 2004. – 270 с.
256. Прокл. Гимны. Пер. О. В. Смыки. // В кн.: Античные гимны. – М., 1988. – С. 269–280.
257. Евклид // Математический энциклопедический словарь. – М.: Сов. энциклопедия, 1988. – С. 214–215.
258. Античная философия: Энциклопедический словарь. – М., 2008. – С. 808–810.
259. Эрнст Кассирер. Жизнь и учение Канта = Kants Leben und Lehre. – Санкт-Петербург: Книга света, 1997. – 447 с.
260. И. Г. Ламберт. Сборник статей к 250-летию со дня рождения // Историко-математические исследования. – М.: Наука, 1980. – № 25. – С. 189 – 260.
261. Fournier D'Albe, E.E. Two New Worlds: I The Infra World; II The Supra World, 1907, London: Longmans Green.
262. Федосин С.Г. Физические теории и бесконечная вложенность материи. Пермь, 2009, 844 стр.

- 263.. *Потапов А. А., Гуляев Ю. В., Никитов С. А., Пахомов А. А., Герман В. А.* Классические фрактальные кривые и множества // Новейшие методы обработки изображений / А. А. Потапов. – М.: «Физматлит», 2008. – С. 82. – 496 с.
264. *Липов А. Н.* Фракталы. Памяти Бенуа Мандельброта // *Философия и культура* № 9 (33) 2010. № 8. С. 39-54.
265. *Барышев Ю.В., Теерикорпи П.* Фрактальная структура Вселенной, Бюллетень САО РАН, т.59, 2006, 92-160
266. *Oldershaw R. L.* Discrete Scale Relativity. *Astrophysics and Space Science*, Vol. 311, No. 4, pgs. 431–433, October 2007
267. *Зальцман Л. И.* Восхождение миров. – М: Европейский дом, 2003. – 384 с.
268. *Zimmerman, Robert F.* The Universe in a Mirror – The Saga of the Hubble Space Telescope and the Visionaries Who Built it – Princeton UP (2008, 2010). – 287 p.
269. *Артур Роберт Хогг 1903-1966*, Биографические воспоминания, Австралийская академия наук. Первоначально опубликовано в *Records of Австралийская академия наук*, т. 1, вып. 3, Канберра, Австралия, 1968.
270. *Пайтген Х.-О., Рихтер П. Х.* Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. – М.: «Мир», 1993.
271. *Файнберг В.Я.* Теоретические осн. СРТ-теоремы. УФН, 1968, Т. 95, Вып. 4.
272. *Федосин Сергей.* Физика и философия подобия от преонов до метagalactic, Пермь: Стиль-МГ, 1999.
273. *Богородский А. Ф.* Всемирное тяготения. – Киев: Наукова думка, 1971. – 351 с.
274. *Терехов С. В.* Фракталы и физика подобия. – Донецк: Цифровая типография, 2011. – С. 12. – 255 с.
275. *Еремеева А. И.* Вселенная Гершеля. Космологические и космогонические идеи и открытия / Отв. ред. д-р физ.-мат. наук Л. С. Полак. – М.: Наука 1966. – 319 с.
276. *Владимиров Ю.С.* Пространство-время: явные и скрытые размерности. – Изд. 2-е, перер. и доп. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 208 с.
277. *Vladimirov, V. S., Mikhailov, V. P., Vasharin A. A., et al.,* Collection of Problems on Mathematical Physics Equations [in Russian], Nauka, Moscow, 1974.
- Richard Taylor.* Benoit Mandelbrot (англ.) // *Physics Today* – 2011. – Vol. 64, no. 6. – P. 63–64.
278. <https://www.eurekalert.org/>
279. «Antihydrogen Trapped For 1000 Seconds. Архивная копия от 4 мая 2011 на Wayback Machine: The Physics Archive Blog, 02.05.2011.



Юрий Николаевич Литвишков – советский и азербайджанский химик, доктор химических наук, профессор, член-корреспондент Национальной Академии Наук Азербайджана, является автором пяти монографий, более четырехсот научных трудов, в том числе восьмидесяти изобретений в области разработки эффективных катализаторов для промышленно-важных процессов окислительного аммонолиза алкилароматических и алифатических углеводородов в паровой и жидкой фазах, восстановительного аминирования ряда кислородсодержащих ароматических и алифати-

ческих соединений, совместного глубокого окисления углеводородов и монооксида углерода, деалкилирования толуола с водяным паром, жидкофазного окисления ароматических углеводородов в карбоновые кислоты, прямого ацилирования ароматических и алифатических аминов карбоновыми кислотами и др.

Разработанный на основе перечисленных реакций ряд промышленных азотсодержащих биоцидов внедрен в ряде газотранспортных объединений Азербайджана, России и Средней Азии в качестве присадок к изоляционным покрытиям магистральных газопроводов и газо-промышленного оборудования, повышающих их биостойкость при воздействии почвенных микроорганизмов.

В настоящее время занимается разработкой научных основ синтеза поглощающих энергию СВЧ электромагнитного диапазона гетерогенных катализаторов для реакций, стимулируемых воздействием микроволнового излучения.