

А.А.АБРАШКИН

КОНЦЕПЦИИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Учебное пособие для студентов-заочников

Содержание

Предисловие

Глава 1. Естествознание как единая наука о природе

1.1. Что такое естествознание?

1.2. Является ли математика естественной наукой?

1.3. Внутренняя логика и динамика развития естествознания

1.4. Наука и мировоззрение

Глава 2. Теории микромира

2.1. История идеи атомизма

2.2. Квантовая механика

2.3. Корпускулярно-волновой дуализм

2.4. Виды элементарных частиц

2.5. Типы физических взаимодействий

Глава 3. Особенности эволюции макросистем

3.1. Динамические и статистические законы

3.2. Явление самоорганизации в природе

3.3. Катализ

3.4. Генетика и неodarвинизм

Глава 4. Современная космология.

4.1. Специальная и общая теории относительности

4.2. Теория Большого Взрыва

4.3. Звёзды: их рождение, жизнь, смерть

4.4. Образование солнечной системы

Глава 5. Прошлое и настоящее нашей планеты

5.1. Оболочки геосферы

5.2. Тектоника плит и мобилизм

5.3. летопись ледниковых эпох

5.4. Теории возникновения жизни

Глава 6. О природе человека

6.1. Предполагаемые стадии антропогенеза

6.2. Естествознание и психология

6.3. Человек и Космос

Заключение

ГЛАВА 1. ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ КАК ЕДИНАЯ НАУКА О ПРИРОДЕ

1.1. Что такое естествознание?

Слово “естествознание” буквально означает знание об естестве (природе). Синонимом для него служит “природоведение”. В самом общем своём значении “ведение природы” предполагает накопление всевозможной информации о природных явлениях и её интерпретацию в виде некоторой универсальной закономерности. При таком понимании предмет природоведения должен включать в себя, в том числе, и изложение народных примет о погоде, основ астрологического прогноза и т.д. Но в настоящее время естествознание принято определять в более узком смысле - как систему *научных* знаний о природе.

Наука порождает мир знаний, состоящий из экспериментально доказанных положений и выводов, полученных на основе логических рассуждений. Естественные науки - часть этого мира. На их основе учёные исследуют неорганическую и органическую природу Земли и Вселенной. Основные науки о неорганической природе - физика и химия. Биологические дисциплины включают в себя знания о живой природе. Кроме них, к числу естественных наук относятся и другие, уже более частного характера, например, геология и география. Геологию называют наукой об истории развития Земли, потому что она изучает состав и строение нашей планеты в их эволюции на протяжении миллиардов лет. Она выявляет физические и химические закономерности образования осадочных и изверженных горных пород, а также устанавливает влияние физико-географических условий на зарождение и развитие органической жизни. Её разделы - минералогия, вулканология, динамика земной коры (тектоника) и т.п. - это непосредственные приложения кристаллографии, кристаллофизики, геофизики и биогеохимии. Точно так же и география “пропитана” сведениями из физических, химических и биологических наук, которые в разной степени используются в таких её разделах, как физическая география, география почв, зоогеография и т.д.

Из всех наук о природе физика остаётся наиболее разработанной в теоретическом плане. Химия и биология широко заимствуют физические модели. В этом смысле физика занимает приоритетное положение среди естественнонаучных дисциплин. Интересно, что все вопросы природоведения, включая вопросы устройства Космоса, древние греки относили именно к физике, название которой восходит к греческому слову “физис” - “природа”. В данном случае древность понятия удачно подчёркивает заслуженное право на первенство.

Первые естествоиспытатели - мыслители античности и средневековья - ограничивались чисто умозрительным истолкованием природных начал. Внешний мир представлялся им целостным и гармонично устроенным творением. Объяснить его была призвана философия, которой отводилась роль “науки наук”, “царицы наук”, поскольку именно она содержит все человеческие знания об окружающем мире. Естественные науки считались её составными частями. Эту форму существования естествознания называют натурфилософией (от лат. *natura* - природа) или философией природы.

Но начиная с эпохи Возрождения (XV-XVI вв.), когда были сделаны выдающиеся открытия в области географии (открытие Америки Колумбом в 1492 году, открытие морского пути из Европы в Индию Васко да Гамой в 1497-99 гг., кругосветное плавание Магеллана в 1519-22 гг., доказавшее, что между Америкой и Азией простирается океан и что земля имеет форму шара), астрономии (разработка Коперником гелиоцентрической системы) и анатомии (первое правильное научное описание строения

всех органов и систем человеческого организма, данное Везалием), в рамках некогда единого естествознания происходит последовательное выделение и оформление частных дисциплин. Уже на рубеже XVIII-XIX вв. существовало более 200 естественных наук.

Известный французский физик Андре Мари Ампер (1775-1836) первым попытался найти принципы их классификации. Созданную им картину наук о Природе он представил в форме единой системы. В этой классификации он поместил на первом этаже физику как науку наиболее фундаментальную, а химию - на втором как бы выводя её из физики. В середине XIX века почти одновременно целым рядом естествоиспытателей и философов, в частности, немецким химиком Фридрихом Августом Кекуле (1829-1896), были выдвинуты идеи об иерархии наук в форме четырёх её последовательных основных ступеней: механики, физики, химии и биологии. Такая “субординация” естественных наук позволяла говорить об их своеобразной преемственности. Так, физику (как учение о теплоте) называли механикой молекул, химию - физикой атомов, а биологию - химией белков или белковых тел. Конечно, такие названия заранее оговаривались как весьма условные. Но они указывали на существующую между основными естественными науками единую связь и в то же время подчёркивали особенности каждой дисциплины в отдельности.

Нынешняя стадия развития естествознания характеризуется глубоким взаимопроникновением наук. В противовес эффекту дробления возникли мощные объединительные процессы. Механика уже давно стала частью физики. Огромную роль в изучении Природы играет использование биологических знаний в химии, а биохимических в физике. Взаимосвязь и взаимообусловленность различных естественных наук позволяют говорить о восстановлении, до определённой степени, былого единства естествознания. В нём всё наполнено физикой и химией и в то же время нет ни одной обособленной в чистом виде науки. Современное естествознание предстаёт своеобразным трёхкорневым древом с огромной разветвлённой кроной. При всей своей внешней непохожести её ветви имеют общие основания и законы развития. Таким образом, естествознание - это *совокупность наук о Природе, взятая как единое целое.*

1.2. Является ли математика естественной наукой?

Учение о природе будет содержать науку в собственном смысле лишь в той мере, в какой может быть применена в ней математика.

Кант

При перечислении естественнонаучных дисциплин мы ни разу не упомянули о математике. Правильно ли это?

Начнём с особенностей математического метода исследования. Первая из них - это введение основных понятий. Некоторые из них, например, точка, линия и целое число, подсказаны непосредственно материальным, или физическим, миром. Помимо таких элементарных представлений немаловажную роль в математике играют “образы”, созданные человеческим разумом. Примерами последних могут служить понятия отрицательного числа, буквенные обозначения классов чисел, комплексные числа, функции, всевозможные кривые, бесконечные ряды, дифференциальные уравнения, матрицы. Большинство из них полностью лишены конкретной интерпретации в реальном мире и потому поначалу вызывали весьма настороженное отношение. Даже понятие отрицательного числа сначала было отвергнуто серьёзными математиками. К примеру,

Блез Паскаль (1623-1662) заявлял: “Я знаю людей, которые никак не могут понять, что если из нуля вычесть четыре, то получится ноль”. Немецкий философ и математик Готфрид Вильгельм Лейбниц (1646-1716), критикуя введение комплексных чисел, писал: “Дух божий нашёл тончайшую отдушину в этом чуде анализа, уроде из мира идей, двойственной сущности, находящейся между бытиём и небытиём, которую мы называем мнимым корнем из отрицательной единицы”. Тем не менее каждое новое понятие, хотя и неохотно, принималось после того, как становилась очевидной его полезность в приложениях.

Вторая существенная особенность математики - её абстрактность. Платон в диалоге “Государство” так сказал о геометрах: “Но ведь когда они вдобавок пользуются чертежами и делают отсюда выводы, их мысль обращена не на чертёж, а на те фигуры, подобием которых он служит... То же самое относится и к произведениям ваяния и живописи: от них может падать тень, и возможны их отражения в воде, но сами они служат лишь образным выражением того, что можно видеть не иначе, как мысленным взором”. Чтобы быть могучей, в одном абстрактном понятии математика должна охватывать существенные черты всех его физических проявлений. Например, прямая должна включать в себя все наиболее значительные особенности туго натянутых верёвок, краёв линеек и траекторий световых лучей.

Ещё одна отличительная особенность - идеализация. Математик намеренно отвлекается от толщины линии при рассмотрении прямых или пренебрегает несферичностью Земли при решении некоторых задач. Сама по себе идеализация не является серьёзным отступлением от реальности, но при любой попытке сопоставить их возникает вопрос, достаточно ли близок исследуемый объект к его идеальному образу.

Наиболее поразительной особенностью математики является используемый ею метод рассуждения. Основу его составляет выведение по правилам логики (дедукция) умозаключений, исходя из принятой системы аксиом. Само понятие аксиомы - истины, столь самоочевидной, что она ни у кого не вызывает сомнения, - введено греками. Помимо математических аксиом значительную часть лепты, вносимой математикой в наш физический мир, должно составлять и физическое знание. Оно может принимать форму физических аксиом (например, законов движения Ньютона), обобщений экспериментальных наблюдений или чистой интуиции. Эти физические допущения формулируются на языке математики, что позволяет применять к ним математические правила.

Итак, суть тех средств, которыми математики добывают факты о внешнем мире, можно сформулировать следующим образом: математика строит модели целых классов реальных явлений. Понятия, обычно идеализированные, аксиомы, которые могут быть подсказаны физическими фактами, приёмы идеализации, обобщения и абстракции, а также интуиция - всё идёт в ход при построении моделей. Доказательство цементирует элементы модели воедино. Математика входит в современный мир не только как метод, позволяющий компенсировать несовершенство наших органов чувств, но и в гораздо большей степени как метод расширения того знания, которое человек способен обрести об окружающем мире. Как подчёркивал виднейший философ нашего века Альфред Норт Уайтхед в своей книге “Наука и современный мир”: “Ничто не производит столь сильного впечатления, как то обстоятельство, что математика, чем выше она возносится в горные области всё более абстрактной мысли, неизменно возвращается на землю, обретая всё большее значение для анализа конкретного факта... Парадокс, окончательно установленный ныне, состоит в том, что именно предельные абстракции являются тем истинным оружием, которое правит нашим осмыслением конкретного факта”.

Современное естествознание рационально объясняет явления природы. Можно добавить, что современная наука постепенно отошла от интуитивного и физического содержания, которое в равной степени апеллирует к чувствам; она всё более исключает из системы своих представлений классический образ материи, прибегая к таким чисто идеальным понятиям, как “поля”, “электрон”, относительно которых нам известно единственное - математические соотношения, которым они удовлетворяют. С чувственным восприятием наука поддерживает лишь весьма ограниченный, хотя и жизненно важный контакт посредством длинной цепочки математических дедуктивных выводов. Естествознание стало рационализированным “вымыслом” - рационализированным с помощью математики.

Математика - творение человека и с её помощью люди открывают совершенно новые физические явления: тяготение, электромагнитные волны, кванты энергии и т.д. Разумеется, математик работает не в пустоте, а руководствуется данными чувственного опыта и эксперимента. Но даже в таком исследовании, где налицо вполне определённая физическая реальность, полнота, уточнение и понимание достигаются только с помощью математики.

Граница между математическим и эмпирическим знанием не абсолютна. Учёные непрестанно вносят коррективы в свои наблюдения и в то же время видоизменяют свои теории так, чтобы они соответствовали новым наблюдениям и экспериментальным результатам. Цель усилий, предпринимаемых как в развитии теории, так и в совершенствовании эксперимента - всестороннее и непротиворечивое описание физического мира. Математика служит своего рода посредником между человеком и природой. Это универсальный язык естествознания. Математика - поскольку она говорит о составляющих физического мира и поскольку наше знание этого мира может быть выражено только в математических понятиях - столь же реальна, как столы и стулья. Границы нашего знания реальности существуют, но они постепенно расширяются...

1.3. Внутренняя логика и динамика развития естествознания

Существует несколько точек зрения о времени возникновения науки.

- Наука как опыт практической деятельности людей зародилась в каменном веке (около 2 млн. лет назад), когда человек стал передавать приобретённое в результате практической деятельности знание.

- Как доказательный вид знания, отличающийся от мифологического мышления, наука возникла в VI-V вв. до н.э. у древних греков.

- Наука появилась в период расцвета поздней средневековой культуры, когда была осознана идея Р.Бэкона (1214-1292) о высокой значимости опытного знания.

- Самая распространённое мнение: начало науки следует относить к XVI-XVII вв., когда появились работы Г.Галилея (1564-1642), И.Кеплера (1571-1630), Х.Гюйгенса (1629-1695), И.Ньютона (1643-1727) и других учёных. Признаками науки в данной концепции выступают: построение математических моделей объектов и проведение целенаправленных экспериментальных исследований. К этой эпохе относится и создание научных институтов - Парижская Академия наук (1635) и Лондонское Королевское общество (1660).

- Наконец, существует и такой взгляд, что наука сложилась в конце первой трети XIX в., когда произошло совмещение исследовательской деятельности и высшего образования, и создатели науки - немецкие естествоиспытатели В.Гумбольдт (1767-1835) и Ю.Либих (1803-1873).

В целостном культурном творчестве человечества указанные суждения относительно возникновения науки раскрывают особенности её эволюции от исходных “преднаучных” состояний к полноценному самостоятельному явлению. В современном понимании наука как специфический вид деятельности учёных-одиночек зародилась в античности, а как полноправное социально-духовное образование - с XVII в.

Но как бы далеко мы не отодвигали или приближали дату рождения науки, очевидно, что она необратимо качественно менялась со временем. Фактическая её история выглядит достаточно запутанной и хаотичной. Кажется, что рождение новых гипотез, теорий, открытий происходит случайным образом, и в смене идей и концепций нельзя обнаружить никаких логических закономерностей. Собственно, вплоть до недавнего времени (а точнее, приблизительно до середины нашего столетия) так и считалось, что в науке идёт непрерывное приращение научного знания, создающее в итоге кумулятивный (т.е. взрывной в одном направлении) эффект в какой-либо отдельной области исследования.

Кумулятивистская модель строится на идее, что каждый последующий шаг в науке можно сделать, опираясь на предыдущие достижения, поэтому новое знание всегда лучше, совершеннее старого и точнее отображает действительность. Согласно ей предшествующее развитие науки является лишь подготовкой современного состояния. Вследствие этого внимания заслуживают только те элементы знания, которые соответствуют современным теориям. Противоречащие им научные построения признаются ошибочными и объявляются не более чем недоразумениями. Эти идеи наиболее полно были сформулированы в работах Э.Маха и Д.Дюгема в конце XIX века. Ныне, однако, преобладает иной взгляд.

Наиболее популярной в настоящее время является концепция развития науки, предложенная американским философом Томасом Куном (1922-1996) в 60-х годах нашего века. Отправным пунктом его размышлений стал следующий факт: учёные-обществоведы славятся своими разногласиями по фундаментальным вопросам, исходным основаниям социальных теорий; представители же естествознания по такого рода проблемам дискутируют редко, большей частью в периоды так называемых кризисов в их науках. В остальное же время они как бы молчаливо поддерживают соглашение: пока храм науки не начинает крениться, качество его фундамента не обсуждается.

Способность исследователей длительное время работать в неких предзаданных рамках, очерчиваемых фундаментальными научными открытиями, стала важным элементом общей схемы развития науки в концепции Куна. Он ввёл в методологию науки принципиально новое понятие - *парадигма*. Буквальный смысл этого слова - образец. В нём фиксируется существование особого способа организации знания, подразумевающего определённый набор предписаний, задающий характер видения той или иной задачи, а значит, и влияющих на выбор направлений исследования. Формулировка парадигмы включает также и указание общепринятых образцов. По словам Т.Куна, парадигму составляют “... признанные всеми научные достижения, которые в течение определённого времени дают модель постановки проблем и их решений научному сообществу”. Её содержание отражено в учебниках, в фундаментальных трудах крупнейших учёных, а основные идеи проникают в массовое сознание. Признанная за эталон, парадигма на долгие годы определяет круг тем, изучаемых учёными, являясь как бы официальным подтверждением подлинной научности их занятий. К парадигмам в истории науки Т.Кун причислял, в частности, аристотелевскую динамику, птолемеевскую астрономию, ньютоновскую механику и т.д. Приращение научного знания в рамках такой парадигмы получило название “нормально развивающейся науки”. Смена же парадигмы есть не что

иное, как научная революция. Наглядный пример - открытие квантовых представлений о веществе.

Решающая новизна концепции Т.Куна заключается в том, что момент ниспровержения данной парадигмы нельзя предсказать однозначно. Более того, принципиально невозможно указать, какая из принятого набора парадигм падёт первой. И не потому, что этот процесс случаен, а потому, что всегда существует несколько вариантов выхода науки из кризиса и какой путь будет выбран зависит от стечения обстоятельств. Переходы от одной научной парадигмы к другой Т.Кун сравнивал с обращением людей в новую религиозную веру: действительно, мир привычных вещей предстаёт при этом в новом свете! Такая аналогия подчеркивает возможность *иррациональных* скачков в науке. Именно это положение куновской теории подвергалось наибольшей критике.

В качестве её альтернативы была выдвинута так называемая модель научно-исследовательских программ. В общих чертах она схожа с куновской теорией, но расходится с ней в том, что из многих конкурирующих исследовательских программ (потенциальных парадигм) выбор научным сообществом осуществляется *рационально*, т.е. на основе чётко формулируемых критериев.

Но как бы не отличались между собой современные теории развития науки они все без исключения используют понятие “революция в науке”. Неверным было бы считать, что до Т.Куна и его последователей не говорилось о них. Сторонники кумулятивизма также признавали их существование, но считали, что революции являются попросту этапом ускоренного эволюционного развития знания. Куновская трактовка революций основывалась на идее абсолютной прерывности познавательного процесса. Предполагалось, что новая теория принципиально непохожа на старую, и после революции наука начинает идти в совершенно другом направлении. И здесь Т.Кун попал, что называется, в самое яблочко.

В историческом развитии научного познания можно выделить три типа революций:

1. Частная - микрореволюция, затрагивающая одну область знания;
2. Комплексная - революция, затрагивающая ряд областей знания;
3. Глобальная - всеобщая революция, радикально меняющая основания науки.

Подлинно глобальными в истории человечества можно назвать революции VI-V вв. до н.э., XVI-XVII вв. и научно-техническую революцию XX века. В результате первой из них появилась наука, вторая представляла революционный скачок в науках, изучающих механическую форму движения материи. Она ознаменовала становление классического естествознания. Третья же была связана с пересмотром исходных идеализаций пространства, времени, движения в контексте создания теории относительности и квантовой механики.

В середине XIX века произошло несколько комплексных революций одновременно. Среди них особое значение имели революции, связанные с открытием клетки немцами М.Шлейденем и Т.Шванном, эволюционной теории Ч.Дарвина и А.Уоллеса, периодической системы химических элементов Д.И.Менделеева. Примерами микрореволюций в XX веке могут служить, например, открытие структуры ДНК и РНК в биологии и явлений сверхтекучести и сверхпроводимости в физике. Итак, эпохи спокойной (нормальной) эволюции науки сменяются периодами революционных преобразований. Всякая революция предшествует созданию новой парадигмы, которая более полно отражает реальность. Такова внутренняя логика развития естествознания.

1.4. Наука и мировоззрение

Мироозрение - это система взглядов человека на мир. Оно существенно отличается от науки. Если в науке предметом изучения служит или природа, или человек, общество, то мировоззрение отражает их связь.

Мировоззрение старше науки. Первой его исторической формой стал миф. Из мифа выросла религия. В VI в. до н.э. в Китае, Индии и Греции возникла философия. На этапе зарождения науки ей диктовали свои условия миф, религия и философия. Последняя, как мы уже упоминали, даже претендовала на роль царицы наук. Но начиная с XVII века естествознание обретает независимость.

В середине XIX в. под влиянием расцвета наук о природе возникает позитивизм - философское направление, обосновывающее эру господства науки. Его основатель - французский мыслитель О.Конт (1798-1857) "взял на вооружение" знаменитое высказывание И.Канта о том, что подлинным знанием может быть только математизированная наука. Вследствие этого науки о природе не нуждаются в какой-то особой философии, указывающей им приёмы и методы исследования. Наука - сама себе философия. Позитивная (положительная, подлинная) наука не нуждается, согласно Конту, в ценностных идеях мировоззрения.

Современный позитивизм подчёркивает особое значение логики для построения системы научного знания. Идеалом для всех наук провозглашается математическая физика. Роль аксиом в ней играют физические законы. Другой особенностью неопозитивизма является ориентация на эмпирическое обоснование научных результатов. Всё, что не может быть таким путём доказано, объявляется ненаучным. Посредством данного принципа на деле осуществлялась программа изоляции естествознания от философии, религии и искусства.

С середины нашего столетия неопозитивизм подвергся серьёзнейшей критике со стороны представителей социальных и гуманитарных наук. В то же время естествоиспытатели в подавляющем большинстве хранят ему верность. Это стало главной причиной отчуждения между естественниками и гуманитариями. Действительно, когда естествоиспытателя целенаправленно запугивали идолами метафизики (философии) и манили моделью науки, очищенной от всех возможных форм ценностного сознания, он в конце концов привыкал к мысли о самодостаточности теории, замкнутой на эксперимент. В свою очередь, представитель гуманитарной культуры, ощущая пренебрежительное и в лучшем случае снисходительное отношение физика, не испытывал потребности знакомиться с достижениями науки. Так возникло противостояние "естественной" науки и "неестественной" культуры. На примере западного общества подобный раскол интеллигенции прекрасно описал английский писатель Ч.П.Сноу в статье "Две культуры и научная революция". Вот, к примеру, отрывок об учёных-естествоиспытателях: "Самой собой разумеется, что выдающиеся учёные, обладавшие недюжинной энергией и интересовавшиеся самыми разнообразными вещами, были всегда; есть они и сейчас, и многие из них читали всё, о чём обычно говорят в литературных кругах. Но это исключение. Большинство же, когда мы пытались выяснить, какие книги они читали, скромно признавались: "Видите ли я пробовал читать Диккенса..." И это говорилось таким тоном, будто речь шла о писателе чрезвычайно сложном, доступном пониманию лишь горсточке посвящённых и вряд ли заслуживающем настоящего одобрения... Одним из самых удивительных результатов этого опроса явилось, наверное, что творчество Диккенса стало образцом непонятной литературы." А вот характеристика другой стороны: "Они всё ещё претендуют на то, что традиционная культура - это и есть вся культура... Как будто современная научная модель физического мира по своей интеллектуальной глубине,

сложности и гармоничности не является наиболее прекрасным и удивительным творением, созданным коллективными усилиями человеческого разума! А ведь большая часть художественной интеллигенции не имеет об этом творении ни малейшего представления. И не может иметь, даже если бы захотела... Узнав о каком-нибудь открытии, сделанном людьми, никогда не читавшими великих произведений английской литературы, они сочувственно посмеиваются.”

По мнению Ч.П.Сноу, в настоящее время нет почвы для объединения двух культур. Её нужно тщательно готовить, изменив существующую систему образования. Диалог “физиков” и “лириков” необходим, это насущная потребность будущего развития науки. Крупным открытием XX века стало установление функциональной асимметрии мозга - левое полушарие специализируется на логике, правое ответственно за интуицию и воображение. Сама природа заложила основу для союза научной и гуманитарной культур. Учёные, исходя из своего опыта, свидетельствуют, что логика критикует, доказывает и шифрует то, что предварительно открывает интуиция. А эта способность, являясь свойством мозга, лучше всего развивается средствами искусства. Естественное здесь просто требует искусственное, т.е. гуманитарную культуру.

ГЛАВА 2. ТЕОРИИ МИКРОМИРА

В науке выделяют три уровня строения материи:

- Мегамир - мир огромных космических масштабов и скоростей, расстояния в котором измеряются световыми годами.
- Макромир - мир объектов, размеры которых соотносимы с масштабами человеческого опыта: пространственные величины измеряются от миллиметров до километров, а временные от долей секунды до десятков лет.
- Микромир - мир предельно малых ненаблюдаемых масштабов порядка размера атома (10^{-8} см) и менее.

И хотя все эти миры теснейшим образом связаны, внутри каждого из них справедливы свои специфические закономерности. Среди теорий микромира на первое место следует поставить концепцию атомизма. Известный американский физик-теоретик Р.Фейнман (1918-1988) написал по этому поводу: “Если бы в результате какой-то мировой катастрофы все накопленные научные знания оказались бы уничтоженными и к грядущим поколениям живых существ перешла бы только одна фраза, то какое утверждение, составленное из наименьшего количества слов, принесло бы наибольшую информацию? Я считаю, что это - атомная гипотеза (можете называть её не гипотезой, а фактом, но это ничего не меняет): все тела состоят из атомов - маленьких телец, которые находятся в непрерывном движении, притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одно из них плотнее прижать к другому. В одной этой фразе, как вы убедитесь, содержится невероятное количество информации о мире, стоит лишь приложить к ней немного воображения и чуть соображения“. Как же возникла и утвердилась эта гипотеза?

2.1. История идеи атомизма

Начать придётся издалека. В VI в. до н.э. первый учёный древности милетский мыслитель Фалес (Милет - город в Малой Азии) высказал “безумную” мысль, что основой всего сущего служит вода. Его последователи и критики пытались развивать эту идею в

самых разных направлениях. Анаксимандр учил, что всеобщая природа есть “ни вода, ни воздух, а нечто неоределённо-беспредельное”, Анаксимен видел её как “воздух и беспредельное”. Пифагорейцы считали, что суть всех природных объектов заключена в числе, а Эмпедокл, уточняя Фалеса, говорил о четырёх “корнях” первосущего - воде, земле, воздухе и огне. Наконец, Левкипп (V в. до н.э.) и его ученик Демокрит сформулировали концепцию атомов (от греческого “атомос” - “неделимый”).

Атомы Демокрита - это плотные изначальные и вечные тела с индивидуальной “физиономией”, они различны по своему внешнему виду и форме и движутся непрерывно и хаотично. Налицо, таким образом, качественное усложнение исходной идеи Фалеса. Но необходимо признать, что именно она явилась революционным прорывом в постижении Природы. Фалес первым заговорил о существовании единой для всех объектов нашего мира первоосновы. Совершенно ясно, что он прекрасно понимал все огрехи своей концепции. Но для него, в первую очередь, было важно провозгласить принцип единства всего сущего. Левкипп и Демокрит, унаследовав опыт многолетних споров, решали по существу “техническую” задачу. Их предшественники практически перебрали все мыслимые пути усовершенствования концепции Фалеса. Сама логика познания как бы вела первых атомистов к их эпохальному открытию. Им выпало счастье стать непосредственными творцами атомистической парадигмы. Однако своим научным триумфом они в огромной степени были обязаны Фалесу и его ученикам.

Созданная трудами античных мыслителей, атомистическая теория долгое время оставалась не востребованной научным сообществом. Будучи материалистической, она не получила признания в средние века. Только к началу XVIII в. эта теория восстанавливается как парадигма. Позднее работами великого русского естествоиспытателя М.В.Ломоносова (1711-1765), французского химика Лавуазье (1743-1794) и английского физика и химика Д.Дальтона (1766-1844) была доказана реальность существования атомов. Древняя, рождённая чисто умозрительными рассуждениями концепция получила, таким образом, опытное подтверждение. Но рассказ об античных философах-атомистах был бы неполон, если бы мы не упомянули об одной совершенно блестящей догадке Эпикура (341-270 г. до н.э.).

Трудов самого Эпикура практически не сохранилось. Но его физику и философию подробно изложил римский поэт Тит Лукреций Кар (I в. до н.э.) в поэме “О природе вещей”. В ней, в частности, указаны и принципы эпикурейской атомистики. Приведём поэтический пересказ одного (самого оригинального!) из них:

Я бы желал, чтобы ты здесь осведомлен был точно так же,
Что, уносясь в пустоте, в направлении книзу отвесном,
Собственным весом тела изначальные в некое время
В месте неведомом нам начинают слегка отклоняться,
Так что едва и назвать отклонением это возможно.

В данном отрывке Лукреций (вслед за Эпикуром) утверждает, что атомы могут случайным образом отклоняться от заданного направления движения. Постулат о произвольном отклонении атомов от прямолинейного падения понадобился Эпикуру для объяснения тезиса о свободе воли, свойственной человеку (ведь он состоит из атомов!). Такой взгляд на движение первоначал принципиальнейшим образом отличался от строго детерминистской механики Демокрита. По существу он означал, что для атома нельзя ввести понятие траектории, т.е. зная местоположение атома в данный момент, мы не можем однозначно указать направление его движения.

Идея Эпикура нарушала привычные представления физиков о движении материальных тел и была отвергнута. Но созданная во второй четверти нашего века

квантовая механика совершенно неожиданно подтвердила правильность догадки античного философа.

2.2. Квантовая механика

На рубеже XIX и XX вв. в физике было сделано немало открытий. Для нас сейчас важно выделить из них только два.

Первое достижение было чисто теоретическим. Пытаясь получить правильное описание теплового излучения тела, Макс Планк высказал гипотезу, согласно которой излучение света происходит не непрерывно, а дискретно, т.е. определёнными порциями (квантами), энергия которых определяется частотой ν :

$$E = h \nu$$

где h - постоянная Планка. О своём революционном открытии учёный доложил 14 декабря 1900 года на заседании Немецкого физического общества. Считается, что в этот день родилась *квантовая физика*.

Второе знаменательное достижение носило уже экспериментальный характер. Изучая свойства катодных лучей, английский физик Дж.Томсон в 1897 году открыл *электрон*. Это событие положило начало поискам внутреннего “устройства” атомов.

Модель атома, которую предложил сам Томсон, представляла сгусток положительно заряженной материи, в который вкраплено ровно столько электронов, что в целом атом нейтрален. Но она не могла объяснить испускание положительно заряженных альфа-частиц радиоактивными веществами.

Возможность такого излучательного процесса допускала предложенная Э.Резерфордом в 1912 году планетарная модель атома. Согласно ей в центре атома находится положительно заряженное ядро, вокруг которого по разным орбитам вращаются электроны. Возникающая при их вращении центробежная сила уравнивается притяжением между ядром и электронами, вследствие чего они остаются на определённых расстояниях от ядра. Так как электроны - лёгкие частицы, то почти вся масса атома сосредоточена в ядре. Причём, радиус ядра, оцениваемый как 10^{-13} см, на пять порядков меньше характерного масштаба атома, равного 10^{-8} см.

Однако и эта модель, как вскоре выяснилось, не соответствовала всем экспериментальным наблюдениям. Более того, по законам классической электродинамики движущийся ускоренно электрон излучает электромагнитные волны, при этом он теряет энергию и в итоге должен свалиться на ядро. Иными словами, “резерфордовский” атом не может устойчиво существовать.

Новую качественно иную попытку построить теорию атома предпринял в 1913 году Нильс Бор. Он взялся соединить модель Резерфорда с квантовым характером излучения и поглощения света и выдвинул следующие постулаты:

- в атоме существуют стационарные (не изменяющиеся со временем) состояния, в которых он не излучает энергии. Им соответствуют стационарные орбиты, по которым движутся электроны, не излучая электромагнитных волн.
- правило квантования: при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую излучается (поглощается) квант энергии

$$h \nu = E_n - E_m$$

равной разности энергий соответствующих стационарных состояний E_n и E_m .

Теория Бора блестяще объяснила экспериментально наблюдаемый спектр атома водорода. Но построить количественную теорию для следующего за водородом атома гелия и более сложных атомов уже не удалось. И это не удивительно. Концепция Бора является половинчатой: с одной стороны, при её построении используются обычные законы механики и закон Кулона, а с другой - вводятся квантовые постулаты, никак не связанные с классической физикой. После разочарования и в этой модели атома физики осознали, что нужно принципиально новое описание механики микромира.

Отличительное свойство квантовой механики, созданной в основном усилиями Э.Шредингера, В.Гейзенберга и П.Дирака, заключается в вероятностном подходе к изучению движения микрочастиц. В микромире имеет смысл говорить лишь о вероятности нахождения частицы в данной точке и в данный момент времени. Для микрообъекта невозможно одновременно указать его положение и импульс (принцип неопределённости Гейзенберга). Либо точная локализация в пространстве и полная неопределённость в направлении и скорости перемещения, либо наоборот. В формульном варианте этот принцип записывается так

$$\Delta x \Delta p \geq h$$

здесь Δx - неопределённость измерения координаты, Δp - неопределённость измерения импульса. Если одна из этих величин равна нулю, то другая обращается в бесконечность. В общем случае и координату, и импульс одновременно можно определить лишь с некоторой погрешностью. Другими словами, в микромире нельзя ввести понятие траектории частицы. И как тут не вспомнить о прозорливости Эпикура!

2.3. Корпускулярно-волновой дуализм

В конце XVII в. почти одновременно возникли две, казалось бы, взаимоисключающие теории света. И.Ньютон предложил теорию, согласно которой свет представляет собой поток частиц (корпускул), вылетающих из источника света. В отличие от него нидерландец Х.Гюйгенс выдвинул волновую теорию, в которой свет рассматривался как упругая волна, распространяющаяся в мировом эфире.

В восемнадцатом столетии физики почти единодушно придерживались ньютоновской теории, волновая же теория насчитывала лишь несколько сторонников (в их числе был и великий математик Леонард Эйлер). Однако положение вещей в корне изменилось к началу XIX в., когда благодаря открытию Т.Юнга (1773-1829) выяснилось, что при определённых условиях два световых луча могут взаимно ослаблять друг друга - явление, совершенно необъяснимое с корпускулярной точки зрения. В ходе дальнейших исследований Т.Юнг и О.Ж.Френель (1788-1827) объяснили на основе волновых представлений все известные в то время оптические явления (дифракцию, интерференцию, поляризацию и дисперсию). В результате волновая теория получила всеобщее признание, а корпускулярная была забыта почти на столетие. При этом волновая концепция получила существеннейшее уточнение, когда Дж.К.Максвелл (1831-1879) указал, что свет - это поперечные электромагнитные волны.

Новый поворот во взглядах на свет произошёл после эпохальной работы Планка. Развивая его идею, А.Эйнштейн (1879-1955) предположил, что не только испускание света, но и его распространение происходит в виде потока световых квантов - фотонов. Их энергия определяется выше приведённой формулой Планка (см. раздел (2.2)), а масса

$$m = \frac{E}{c^2} = \frac{h\nu}{c^2} = \frac{h}{c\lambda}$$

где c - скорость света, λ - длина волны. Квантовые представления о свете хорошо согласуются с законами излучения и поглощения света, законами взаимодействия излучения с веществом. Однако с помощью этих представлений нельзя объяснить такие хорошо изученные явления, как интерференция, дифракция и поляризация света. Эти явления находят прекрасное объяснение в рамках волновой концепции. Приведённые выше выражения связывают корпускулярные характеристики излучения - массу и энергию кванта, с волновыми - частотой колебаний и длиной волны. Таким образом, свет имеет сложную природу: он представляет собой единство противоположных свойств - корпускулярных (квантовых) и волновых.

Эта идея получила неожиданное продолжение. Француз Луи де Бройль (1892-1987) в 1923 году выдвинул гипотезу, что не только фотоны, но и любые другие частицы материи наряду с корпускулярными обладают и волновыми свойствами. Согласно де Бройлю с каждым микрообъектом можно связать, с одной стороны, корпускулярные характеристики - энергию E и импульс - p , а с другой - волновые - частоту ν и длину волны λ . Соотношения между ними записываются так же, как и для фотонов

$$E = h\nu, \quad p = \frac{h}{\lambda}$$

Итак, с любой частицей, обладающей импульсом, сопоставляется волновой процесс с длиной волны, определяемой формулой де Бройля

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mV}$$

здесь m - масса частицы, а V - её скорость.

Очень скоро гипотеза де Бройля была обоснована экспериментально. Ещё в 1921 г. американец К.Дж.Дэвиссон (1881-1958) обнаружил, что электроны, отражаясь от никелевой пластинки, рассеиваются под определённым углом. Тогда он не сумел найти подходящего объяснения этому явлению. Но после появления работ Луи де Бройля Дэвиссон провёл дополнительное исследование и в 1927 г. вместе с другим американским физиком Л.Джермером (1892-1971) получил чёткую картину рассеивания, которая соответствовала теории Бройля (т.е. представлению об электронах как волнах вероятности).

Примерно в это же время Дж.П.Томсон (1892-1975), сын первооткрывателя электрона, совершенно независимо открыл явление дифракции быстрых электронов при их прохождении через металлическую фольгу. По дифракционным картинам он вычислил длину волны для электронов, которая совпала с величиной, предсказанной де Бройлем. Так было подтверждено существование корпускулярно-волнового дуализма у электронов.

Если теперь возвратиться к боровской модели атома, то её недостаток заключался, прежде всего, в том, что она не учитывала волновые свойства электрона. Длина волны движущегося в атоме электрона равна 10^{-8} см, т.е. она того же порядка, что и размер атома. Движение частицы, принадлежащей какой-либо системе, можно с достаточной степенью точности описывать как механическое движение материальной точки по определённой орбите (траектории) только в том случае, если длина волны частицы пренебрежимо мала

по сравнению с размерами системы. Другими словами, электрон в атоме нельзя считать точечным объектом, он обладает внутренней структурой, которая может меняться в зависимости от его состояния. Именно поэтому современные физики и химики говорят об электронном облаке в атоме: электрон, действительно, как бы "размазан" по его объёму.

Впоследствии диффракционные (а значит, и волновые) свойства были обнаружены у атомных и молекулярных пучков. Это окончательно превратило гипотезу де Бройля в научно доказанный факт.

В заключение сделаем ещё несколько замечаний о философской стороне дела. В первую очередь ясно, что дуализм "волна-частица" и органически связанный с ним индетерминизм принуждает учёных отказаться от любых попыток построить *детерминистскую теорию*. Действительно, закон причинности, утверждающий, что ход событий в изолированной системе полностью определяется состоянием системы в момент $t = 0$, теряет силу, по крайней мере в смысле классической физики. Что же касается квантовой теории, то она допускает две точки зрения на причинность. С одной стороны, мы можем рассматривать все процессы, подчёркивая их наглядные свойства и последовательно интерпретируя их в терминах корпускул и волн. В этом случае приходится, вне сомнения, считать, что закон причинности нарушается. С другой стороны, можно, как это и делается в последующем развитии теории, описывать мгновенное состояние системы посредством комплексной функции ψ , удовлетворяющей некоторому дифференциальному уравнению. Тогда зависимость функции ψ от времени полностью определяется её формой в момент $t = 0$, так что эволюция этой функции строго причинна. Однако физический смысл придаётся лишь величине $|\psi|^2$ (квадрату модуля) и другим примерно так же сконструированным квадратичным выражениям (матричным элементам), совокупность которых определяет функцию ψ лишь частично (!). Отсюда следует, что начальные значения функции ψ принципиально нельзя найти полностью даже в том случае, если в момент $t = 0$ все физически наблюдаемые величины известны точно. Такая точка зрения эквивалентна утверждению, что события разворачиваются в соответствии со строгой причинностью, но что начальное состояние системы во всех его деталях нам неизвестно. Итак, закон причинности в этом смысле опять-таки оказывается бессодержательным. В силу самой своей природы физика лишена детерминизма и по этой причине является законным и безраздельным владением статистики.

2.4. Виды элементарных частиц

Об открытии первых элементарных частиц - электрона и фотона, мы уже рассказывали. Как же развивались события дальше?

А дальше учёные пришли к выводу, что и само атомное ядро имеет сложную структуру. В 1932 году советский физик Д.Д.Иваненко предположил, что оно состоит из таких элементарных частиц как протон и нейтрон. Их масса примерно одинакова, нейтрон электрически нейтрален, а протон несёт положительный заряд. Эксперименты подтвердили эту гипотезу, две частицы ядра или нуклоны (лат. nucleus - ядро) были обнаружены.

В середине 30-х годов японец Х.Юкава теоретически предсказал существование мезонов (греч. mesos - средний, промежуточный) - частиц, масса которых больше массы электрона, но меньше массы нуклонов. Мезоны должны были "склеивать" протон и

нейтрон, играя роль носителей ядерных сил. Первый мезон был обнаружен до второй мировой войны, сейчас известно несколько десятков таких частиц, среди них есть и очень массивные. Если атом напоминает Солнечную систему, то мезон похож на планету с атмосферой, поскольку у него есть твёрдое ядро (кern) и “рыхлая” шуба. Последняя является продуктом того, что протоны и нейтроны всё время испускают и поглощают мезоны, которые живут от 10^{-6} с до 10^{-23} с.

Среди наиболее важных характеристик элементарных частиц выделим время жизни, массу, электрический заряд и спин.

По времени жизни частицы делятся на стабильные и нестабильные. Стабильных частиц пять: фотон, две разновидности нейтрино, электрон и протон. Именно стабильные частицы играют важнейшую роль в структуре макротел. Нестабильные частицы существуют около 10^{-10} - 10^{-24} с, после чего распадаются. Элементарные частицы со временем жизни 10^{-22} - 10^{-23} с называют резонансами. Вследствие короткого времени жизни они распадаются ещё до того, как успеют покинуть атом или атомное ядро. Резонансные состояния вычислены теоретически, зафиксировать в реальных экспериментах их не удаётся.

Поскольку масса и вес связаны между собой, частицы с большой массой часто называют “тяжёлыми”. Соотношение Эйнштейна $E = mc^2$ указывает, что масса частицы зависит от её энергии и, следовательно, от скорости. Движущаяся частица тяжелее покоящейся. Когда говорят о массе частицы, имеют в виду массу покоя, поскольку эта масса не зависит от состояния движения. Частица, имеющая нулевую массу покоя, движется со скоростью света. Наиболее очевидный пример частицы с нулевой массой покоя - фотон. Считается, что электрон - самая лёгкая из частиц с ненулевой массой покоя, поэтому массу элементарных частиц определяют по отношению к массе электрона. Все частицы делятся по этому признаку на лептоны - лёгкие частицы (напр., электрон, нейтрино) и более тяжёлые чем электрон частицы - адроны (к ним относятся, в частности, мезоны, протоны, нейтроны, гипероны и многие резонансы).

Характеристика заряда частицы определяется в долях заряда электрона. А что такое спин? С известной долей упрощения элементарную частицу можно представить маленьким вращающимся волчком. Последний характеризуется определённым моментом импульса. Но согласно законам квантовой механики момент импульса может принимать не любые, а только дискретные значения. Его скачки равны постоянной Планка, поэтому он измеряется в единицах \hbar . Итак, момент вращения частицы, измеренный в единицах постоянной Планка, называется спином.

Спин может принимать целые или полуцелые значения. Частицы с полуцелым спином называются фермионы (в честь Э.Ферми). К их числу относятся, в частности, электрон, протон, нейтрон. Система, состоящая из фермионов подчиняется принципу запрета Паули: две частицы не могут существовать в одинаковом состоянии. Частицы с целым спином называются бозоны (по фамилии индийского физика Бозе). В частности, бозоном является фотон. Фундаментальных частиц со спином больше 2 не обнаружено, и теоретики предполагают, что таких частиц не существует.

Всякая частица имеет свою античастицу с совпадающими и одновременно противоположными свойствами. Чаще всего, противоположностями выступают электрические заряды. Так, античастица электрона - позитрон, имеет положительный заряд. Но в то же время фотон и нейтральный пион (π -мезон) сами являются своими античастицами. При взаимодействии частицы и античастицы происходит аннигиляция (лат *annihilatio* - превращение в ничто, уничтожение) и вещество превращается в электромагнитное поле. Физики предполагают, что в обратном переходе участвует

физический вакуум как особая среда, где рождаются пары из частиц и их античастиц (так требует закон сохранения заряда).

В отличие от горстки известных лептонов адронов существует буквально сотни. Одно лишь это наводит на мысль, что адроны - составные частицы. В настоящее время принято считать, что все адроны состоят из кварков. Кварки могут соединяться друг с другом одним из двух возможных способов: либо тройками, либо парами кварк-антикварк. Из трёх кварков состоят сравнительно тяжёлые частицы (с массой более тысячи электронных, их ещё называют барионами). Более лёгкие пары кварк-антикварк составляют мезоны. Кварки необычны тем, что имеют дробные заряды, равные трети или двум третям заряда электрона (знак заряда у них может быть разным). Они - фермионы.

Для описания семейства адронов введено шесть типов кварков, или, как часто говорят, шесть ароматов. Каждый кварк имеет свой антикварк, и, кроме того, все они могут быть трёх разновидностей, условно названных цветом (кварки: красный, зелёный, синий; антикварки: жёлтый, аквамариновый, пурпурный). Три кварка, образующие барион, обязательно имеют разные цвета. Взаимодействуя между собой, кварки обмениваются квантами полей, названных глюонными (от англ. "glue" - клей). Кварки могут пребывать только внутри адронов и в свободном состоянии не существуют. На сегодняшний день получены экспериментальные свидетельства существования пяти кварков.

2.5. Типы физических взаимодействий.

Известны четыре физических взаимодействия, определяющие структуру нашего мира: гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное.

Исторически *гравитация* (тяготение) первым из них стала предметом научного исследования. Истинную роль гравитации как силы природы удалось в полной мере осознать только после появления закона всемирного тяготения. Ньютоновский закон обратных квадратов стал воплощением "дальнодействующей" природы гравитации. Это означает, что, хотя интенсивность гравитационного взаимодействия убывает с расстоянием, оно может сказываться на весьма удалённых от источника телах.

Возможно, наиболее удивительной особенностью гравитации является её малая интенсивность. Величина гравитационного взаимодействия между компонентами атома водорода составляет 10^{-39} от силы взаимодействия электрических зарядов. Если бы размеры атома водорода определялись гравитацией, а не взаимодействием между электрическими зарядами, то низшая (самая близкая к ядру) орбита электрона по размерам превосходила бы доступную наблюдению видимую часть Вселенной! В мире субатомных частиц гравитация настолько слаба, что физики склонны полностью пренебрегать ею. Она не проявлялась ни в одном из наблюдавшихся до сих пор процессов с участием частиц.

Гравитацию следует рассматривать как поле. Движение массивного тела должно вызывать возмущения своего же гравитационного поля, которое распространяется в виде волны со скоростью света. Частица, являющаяся квантом такого поля, была названа гравитоном. На данный момент, несмотря на все усилия экспериментаторов, ни гравитон, ни гравитационные волны не обнаружены.

Электромагнитное взаимодействие обуславливает существование стабильных атомов и молекул. Все химические реакции, являясь результатами перераспределения связей между атомами в молекулах и перестройки их электронных оболочек, представляют собой его проявления.

Поначалу электрические и магнитные явления рассматривались учёными независимо. Однако в начале XIX в. выяснилось, что между электричеством и магнетизмом существует глубокая связь. Датский физик Х.К.Эрстед открыл, что электрический ток создаёт вокруг себя магнитное поле. В свою очередь, М.Фарадей показал, что переменное магнитное поле индуцирует в проводнике электрический ток. Решающий шаг по объединению электричества и магнетизма сделал Дж.К.Максвелл - автор первой единой теории поля. С соответствующими уточнениями для учёта квантовых эффектов теория Максвелла продержалась вплоть до 60-х годов нашего столетия, когда в объединении взаимодействий был сделан следующий крупный шаг.

К мысли о существовании *слабого взаимодействия* учёные продвигались медленно. Всё началось в 1896 г., когда француз А.Беккерель, исследуя загадочное почернение фотографической пластинки, оставшейся в ящике письменного стола рядом с кристаллами сульфата урана, случайно открыл радиоактивность. Систематическое исследование радиоактивного излучения было предпринято Э.Резерфордом. Он установил, что радиоактивные атомы испускают частицы двух различных типов, которые назвал альфа и бета. Тяжёлые положительно заряженные альфа-частицы, как выяснилось, представляли собой быстро движущиеся ядра гелия. Бета-частицы оказались летящими с большой скоростью электронами.

В деталях явление бета-радиоактивности оставалось не до конца понятным вплоть до 30-х годов. Бета-распад обладал в высшей степени странной особенностью. На первый взгляд казалось, что в этом распаде нарушается закон сохранения энергии: часть энергии куда-то исчезала. В.Паули “спас” этот закон, предположив, что вместе с электроном при бета-распаде вылетает ещё одна частица, нейтральная и обладающая необычайно высокой проникающей способностью, вследствие чего её не удавалось наблюдать. Она-то и должна была уносить с собой недостающую энергию. Э.Ферми назвал частицу-невидимку “нейтрино”, что означает “маленькая нейтральная частица”. Нейтрино оказались настолько неуловимыми, что достоверно обнаружить их удалось лишь в 50-х годах.

Однако загадочность оставалась. Электроны и нейтрино испускались нестабильными ядрами. Но физики располагали неопровержимыми доказательствами, что внутри ядер таких частиц нет. Откуда же они возникали? Ферми высказал предположение, что электроны и нейтрино до своего вылета не существуют в ядре в “готовом виде”, а каким-то образом мгновенно образуются из энергии, запасённой радиоактивным ядром. Свойства свободных нейтронов подтверждали гипотезу Ферми. Предоставленные самим себе, нейтроны через несколько минут распадаются на протон, электрон и нейтрино. Одна частица исчезает, а три новые появляются. Вскоре стало ясно, что известные силы не могут привести к такому распаду. Бета-распад вызывался какой-то иной силой, которая была гораздо слабее силы электромагнитного взаимодействия, хотя и гораздо сильнее гравитационного.

В отличие от “дальнодействующих” гравитации и электромагнетизма слабое взаимодействие - “короткодействующее”: оно прекращается на расстоянии, большем 10^{-16} см от источника. Следовательно, оно не может влиять на макроскопические объекты, а ограничивается отдельными субатомными частицами. Большинство известных частиц участвует в слабом взаимодействии.

Представление о существовании *сильного взаимодействия* постепенно складывалось по мере того, как прояснялась структура атомного ядра. Что-то должно было удерживать протоны в ядре, не позволяя им разлетаться под действием электростатического отталкивания. Очевидно, что сила нового взаимодействия внутри ядра была больше электрической, но вне его, т.е. на масштабах, превышающих 10^{-13} см,

резко падала. Объяснение такому необычному закону дала кварковая теория. Согласно ей нейтроны и протоны рассматриваются как системы, построенные из трёх кварков. Чтобы это “трио” кварков не распадалось, необходима удерживающая сила, некий “клей”; оказалось, что результирующее взаимодействие между нейтронами и протонами представляет собой просто остаточный эффект более мощного взаимодействия между кварками. Это объяснило, почему сильное взаимодействие кажется столь сложным. Когда протон “прилипает” к нейтрону или другому протону, во взаимодействии участвуют шесть кварков, каждый из которых взаимодействует со всеми остальными. Значительная часть сил тратится на прочное склеивание трио кварков, а небольшая - на скрепление двух трио кварков друг с другом.

Все четыре фундаментальных физических взаимодействия имеют свои специфические особенности. Но физиков всегда манила мечта объединить их в одной теории, найти формулу Суперсилы. Первый шаг на этом пути сделали в 1967 году американец С.Вайнберг и пакистанский физик-теоретик А.Салам, когда объединили электромагнитное и слабое взаимодействия в единое электрослабое. Этот успех окрылил физиков.

В 1973 г. Ш.Глэшоу и Г.Джорджи опубликовали теорию, в которой новое электрослабое взаимодействие сливалось с сильным (глюонным) в Великое единое взаимодействие. Ныне существует несколько конкурирующих теорий Великого объединения (ТВО), но все они идейно очень близки. Общей особенностью всех ТВО является то, что кварки - источники (носители) сильного взаимодействия, и лептоны - источники (носители) электрослабого взаимодействия, включаются в единую теоретическую схему, т.е. ищется математический способ “превращать” кварки в лептоны... Одним из предсказаний ТВО, ошеломившем физиков, было утверждение о нестабильности протона. Но пока этот вывод экспериментально не подтвердился.

Теорию, предлагающую объединить все четыре взаимодействия, называют Сверхвеликое объединение или Супергравитация. Она предполагает, что у каждого фермиона есть свой партнёр-бозон, и при их перестановке физические законы остаются неизменными. Всеобъемлющее объединение частиц и полей происходит в областях порядка 10^{-33} см. Данная теоретическая гипотеза предсказывает необычное гравитационное поле. Его квантами служат гипотетические гравитино - фермионные партнёры бозонных гравитонов. Если последний является безмассовой частицей, то гравитино весит в 100 раз больше протона. Эта теория ещё далека от завершения.

ГЛАВА 3. О СОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ МАКРОСИСТЕМ

Вводя в начале предыдущей главы (вполне условное) определение микромира, мы намеренно ограничили пространственный масштаб рассматриваемых объектов размером атома. Таким образом мы (вполне сознательно) выделили область естествознания, где царствуют исключительно физические представления. Но, предваряя рассказ о закономерностях развития макросистем, необходимо упомянуть и об основных этапах изучения органического микромира.

Проникновение в него стало возможным благодаря открытию микроскопа нидерландским натуралистом Антони ван Левегуком (1632-1723). Ему впервые удалось наблюдать живой микромир: ряд простейших, бактерий; он увидел эритроциты и описал их движение в капиллярах. С помощью микроскопа английский физик Р.Гук (1635-1703) открыл клеточное строение растений.

Ученые XIX-XX вв. сумели “заглянуть” уже внутрь клетки и выяснить некоторые важные моменты их взаимодействия с другими микроорганизмами. В частности, француз Луи Пастер (1822-1895) доказал, что многие болезни обязаны своим происхождением действию микробов, а австриец Г.Мендель (1822-1884) опытным путем выявил законы наследственности. В 1892 году русский физиолог Д.И.Ивановский (1864-1920) открыл вирусы. В конце XIX века биологи, наконец, постигли тайны деления клетки, а в первой половине XX столетия усилиями ученых школы американца Т.Моргана (1866-1945) была создана хромосомная теория наследственности, вскрывшая глубинный механизм действия законов Менделя. Собственно говоря, уже из работ гениального австрийца следовало, что существуют материальные единицы наследственности, впоследствии названные генами. Но по-настоящему этот факт был оценен лишь несколько десятилетий спустя. Как сейчас стало ясно, гены представляют собой кодированный участок молекулы ДНК (у некоторых вирусов РНК). У высших организмов они входят в состав хромосом.

Определяющее влияние биологических микроструктур на жизнедеятельность макроорганизма высвечивает одну из главных (и, может быть, наиболее ярких) черт современного естествознания – взаимосвязь и взаимообусловленность процессов, протекающих, казалось бы, на совершенно не “пересекающихся” уровнях природной иерархии. Но у макросистем есть и свои особенности развития. Некоторым из них и посвящена настоящая глава.

3.1. Динамические и статистические законы.

Динамический закон – это закон, отображающий некоторый строго очерченный круг объективных явлений в форме однозначной связи физических величин, выражаемых количественно. Динамической теорией является теория, представляющая совокупность динамических законов.

Исторически первой теорией такого рода стала классическая механика Ньютона. Сами по себе законы, сформулированные Ньютоном, относятся к физическому телу, размерами которого можно пренебречь (материальной точке). Но любой макроскопический объект можно рассматривать как совокупность материальных точек. Для расчета движения такой системы “частиц” необходимо знать зависимость взаимодействия между ними (выражения для действующих сил) от их координат и скоростей. При этом по заданным в начальный момент значениям координат и импульсов второй закон Ньютона позволяет однозначно определить координаты и импульсы частиц в любой последующий момент времени. Их энергия, момент импульса и другие величины

однозначно определяются через них. Это дает основание утверждать, что местоположение и скорость полностью определяют состояние частицы в механике.

Другим примером динамической теории служит электродинамика. Здесь в качестве объекта исследования выступает электромагнитное поле. Уравнения Максвелла описывают движение полевой формы материи. При этом структура построения электродинамической теории в самых общих чертах повторяет “схему” механики Ньютона. Ее основополагающие уравнения позволяют по известным начальным распределениям электрического и магнитного полей, зарядов и токов вычислить электромагнитное поле в последующие моменты. К числу динамических теорий следует отнести также механику сплошных сред, термодинамику, общую теорию относительности (теорию гравитации) и т.д.

В свое время Лаплас выдвинул принцип, согласно которому все явления в природе предопределены с “железной” необходимостью. В данном случае его вдохновлял опыт механики Ньютона. Если бы, по мысли Лапласа, нашелся гигантский Ум, способный объять мир (т.е., указать в некоторый момент координаты всех тел Вселенной и действующие между ними силы), то он однозначно сумел бы предсказать будущее этого мира. Случайному нет места в такой модели мира. Согласно ей только ограниченность наших познавательных способностей заставляет классифицировать отдельные события как непредсказуемые.

Необходимость отказа от классического (лапласовского) детерминизма в физике стала очевидной после того, как выяснилось, что динамические законы не универсальны и что более глубокими законами природы являются статистические закономерности.

Представления о закономерностях особого типа, в которых связи между величинами неоднозначны, впервые ввел Максвелл в работе 1859 года. Для описания динамики большого числа частиц он воспользовался методами теории вероятности, разработанными ранее математиками для анализа случайных явлений. Рассматривая движение системы молекул газа в сосуде, английский физик отказался от (неразрешимой) задачи определения их координат и импульса в данный момент. Он ввел новую характеристику для ансамбля частиц – функцию их распределения по скоростям движения, и показал, что в равновесном состоянии она имеет вполне определенный (универсальный) вид. Сам вывод закона распределения молекул по импульсам оказался несложным. Но главная заслуга Максвелла состояла не столько в решении данной задачи, сколько в гениальной постановке новой проблемы. Он ясно осознал, что случайное в данных макроскопических условиях поведение отдельных молекул подчинено конкретному вероятностному (или статистическому) закону.

Статистические законы и теории имеют следующие характерные черты.

1. В статистических теориях любое состояние представляет собой вероятностную характеристику системы. Это означает, что состояние в статистических теориях определяется не значениями физических величин, а статистическими (вероятностными) их распределениями.

2. В статистических теориях по известному начальному состоянию в качестве результата однозначно определяются не сами значения физических величин, а вероятности этих значений внутри заданных интервалов. Тем самым однозначно находятся лишь средние значения физических величин. В статистических теориях они играют ту же роль, что и сами физические величины в динамических теориях. Вычисление средних значений – главная задача статистических теорий.

Характеристики состояния в статистических и динамических теориях совершенно отличны друг от друга. Но тем не менее оба типа теорий обнаруживают в самом

существенном отношении замечательное единство. Эволюция состояния в статистических теориях однозначно определяется уравнениями движения, как и в динамических теориях. По заданному статистическому распределению (по заданной вероятности) в начальный момент времени уравнение движения однозначно воспроизводит статистическое распределение (вероятность) в любой последующий момент времени, если только известны силы взаимодействия частиц друг с другом и с внешними телами. Однозначно находятся соответственно и средние значения всех физических величин. Нет также никакого отличия от динамических теорий в отношении однозначности результата: ведь как статистические, так и динамические теории, выражают необходимые связи в природе, а они вообще не могут быть выражены иначе, чем через однозначную связь состояний.

Выше уже рассматривался характерный пример статистической теории – квантовая механика. Как и в статистической механике, в ней бессмысленно (правда, совсем по иной причине) говорить о траектории движения единичного микрообъекта. Если же поставить вопрос об аналоге подобных явлений в макромире, то наиболее ярким образцом недетерминированного поведения выступает турбулентность.

Турбулентным течением (от лат. *turbulentus* – бурный, беспорядочный) называют движение жидкости или газа, при котором частицы среды совершают неупорядоченные, хаотические движения по сложным траекториям, а скорость, температура, давление и плотность внутри нее испытывают случайные флуктуации. Турбулентное движение качественно отличается от так называемого ламинарного (от лат. – пластинка, полоска) течения, при котором жидкость (или газ) перемещается слоями без перемешивания. Как впервые установил О.Рейнольдс (1883), переход от ламинарного режима движения жидкости к турбулентному определяется значением безразмерной величины, получившей название число Рейнольдса. Оно характеризует отношение сил инерции и вязкости и равно

$$Re = \frac{VL}{\nu}$$

где V – характерная скорость, L – масштаб течения (например, диаметр трубы), ν – кинематическая вязкость. При Re , больших некоторого критического, ламинарное течение переходит в турбулентное.

Проблема турбулентности состоит в выяснении природы случайного движения жидкости. В разное время появилось несколько вселивших энтузиазм моделей, которые претендовали на объяснение механизмов возникновения турбулентности. Наиболее долгоживущей оказалась гипотеза Ландау-Хопфа, представляющая возникновение турбулентности как длинную цепочку последовательных неустойчивостей, в результате которых возбуждаются все новые и новые степени свободы и движение, наконец, становится сложным и запутанным. Однако и она оказалась несостоятельной. Можно без преувеличения сказать, что это самая интригующая проблема классической физики.

В настоящее время, вопрос о переходе к турбулентности изучается, главным образом, в рамках достаточно нового глобального направления математической физики, состоящего в поиске природы случайного поведения в детерминированных системах. Дело в том, что математики, вслед за Е.Лоренцем (1963), открыли уже множество физических систем, ведущих себя довольно странным образом: они “забывают” о своих начальных условиях. Утрата памяти означает, что системы переходят в режим непредсказуемого, случайного поведения, хотя и описываются детерминированными уравнениями, исключаящими, казалось бы, возможность хаотического поведения. На взгляд большинства специалистов именно такая математическая подоплека лежит в основе перехода от ламинарного течения к турбулентному.

Надо заметить, что такой взгляд отрицает универсальность механизма перехода: каждый тип течений хаотизируется по-своему и потому возможны разные сценарии турбулизации потока. Но вполне вероятно, что это и не так. В частности, А.Абрашкиным (1992) высказана гипотеза, согласно которой турбулентные пульсации обусловлены появлением внутри движущейся сплошной среды микроразрывов сплошности (с характерным масштабом менее 10^{-4} см). Образовавшиеся пузырьки вследствие своей неустойчивости очень быстро схлопываются, образуя при этом высокоскоростные струйки. Последние как раз и служат источником перемешивания жидкости и пульсаций поля скорости. При таком подходе флуктуации характеристик течения аналогичны рождающимся на атомном уровне шумам в электродинамических системах. Их роль становится существенной при превышении числом Re некоторого критического значения, когда шумы гидродинамической системы эффективно усиливаются.

3.2. Явление самоорганизации в природе

В широком плане понятие самоорганизации отражает фундаментальный принцип Природы, лежащий в основе наблюдаемого развития от менее к более сложным и упорядоченным формам организации вещества. Но этот термин используют также и в более узком смысле, непосредственно характеризующем способ преобразования того или иного физического объекта. В таком значении самоорганизацией называют природные скачкообразные процессы, переводящие открытую (обменивающуюся веществом или энергией с окружающими телами) неравновесную систему в новое устойчивое состояние с более высоким уровнем сложности и упорядоченности по сравнению с исходным.

Традиционный физический пример самоорганизации – возникновение в подогреваемом снизу слое жидкости структуры из шестигранных призматических ячеек (ячейки Бенара). В химии наиболее ярким примером самоорганизации служит реакция Белоусова. На качественном языке суть ее заключается в том, что раствор из реагентов периодически однородно окрашивается в разные цвета. В биологии явление самоорганизации демонстрируют организованные движения сообществ простейших животных под влиянием односторонне действующего фактора – света (фототаксис, от греч. taxis – расположение), температуры (термотаксис) или химических веществ (хемотаксис).

В связи с понятием самоорганизации важно упомянуть о проблеме происхождения и развития химических и биологических (живых) структур. Ныне известны более ста химических элементов. Однако основу живых систем составляют только шесть элементов – углерод, водород, кислород, азот, фосфор и сера, общая весовая доля которых в организмах составляет 97,4%. Картина собственно химического мира тоже свидетельствует об отборе элементов. Теперь известно всего около восьми миллионов химических соединений. Из них подавляющее большинство (около 96%) – это органические соединения, в основе которых лежат менее 20 элементов. И как это ни парадоксально, из всех остальных почти сотни химических элементов природа Земли создала лишь около 300 тысяч неорганических соединений. Как конкретно собирался природный конструктор, сказать, конечно же, очень трудно. Но можно совершенно определенно утверждать о том, что ключевым процессом на этом пути была самоорганизация.

Явление самоорганизации так или иначе связана с упорядочиванием природной системы. Порядок, как выражение структуры пространства, определяет закономерность размещения частей материального микро– и макромира. К примеру, порядок в строении

атомов характеризуется присутствием внутри ядра вполне определенного числа протонов и нейтронов (или что то же самое кварков), а вне его – электронных оболочек.

С энергетической точки зрения порядок отвечает минимальному значению энтропии, а хаос – максимальной. Чем существеннее беспорядок в системе, тем больше энтропия. Ее рост является следствием перехода отдельных видов движения материи в тепло. Так, работающий мотор холодильника нагревает воздух комнаты, увеличивая “хаос” движения молекул. Законы термодинамики гласят, что порядок, установленный в меньшей системе, обязательно увеличивает хаос, внесенный в большую систему. Поэтому, несмотря на то, что в каких-то отдельных частях Вселенной (в холодильнике, например) может быть установлен порядок, в целом хаос и энтропия в мире должны только нарастать.

Приведем другой пример, уже из геологии. Структура горной породы представляет собой определенный порядок присущих только ей минералов. Именно они определяют ее свойства. Причем, структурно-энергетическая упорядоченность возрастает в направлении порода – минерал – атом. Энтропия же в звеньях этого ряда соответственно падает. Для того, чтобы разрушить породу до уровня выделения из нее минеральных видов, надо затратить меньше энергии, чем для разделения минерала на составные части атомов и уж гораздо больше энергии потребуется, чтобы разрушить атом. Отсюда следует, что образование месторождений минеральных видов из рассеянного состояния в породах земной коры – это процесс сохранения от вырождения материи, процесс, сопровождающийся уменьшением энтропии. Разрушение минеральных видов человеком, рассеяние их в биосфере (металлизация биосферы) приводит к росту энтропии и к вырождению живой материи.

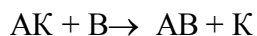
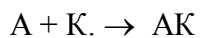
На уровне живого вещества порядок обеспечивается уже структурой органических молекул, состоящих из структурированного в молекулу определенного набора атомов, формирующих аминокислоты, белки и т.д., клетки, наконец. Формирование живого вещества из неживого есть процесс, также препятствующий вырождению материи, потому что он ведет к снижению энтропии.

Разрушение структуры (порядка) ведет к понижению упорядоченности и в конечном итоге к хаосу. Хаос – бесструктурная, неупорядоченная форма существования материи с максимальной энтропийностью системы. Однако элементы материального мира, сколь бы хаотичными они не казались, всегда составляют некоторую структуру. Эволюция – это вечная самоорганизация, поиск структурами своего индивидуального пути в меняющихся условиях. Появление жизни на Земле есть выдающийся случай нахождения такого варианта самоорганизующейся структуры (в данном случае планеты).

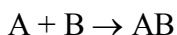
3.3. Катализ

Начнем с определения. Катализ – это процесс изменения скорости или возбуждения химической реакции веществами (катализаторами), которые участвуют в реакции, но не входят в состав конечных продуктов. Катализ был открыт в 1812 г. академиком Петербургской академии наук К.С.Кирхгофом (1764-1833).

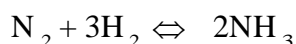
В общем случае действие катализатора сводится к образованию промежуточных соединений



так что в сумме получаем реакцию



Катализ в химии делает настоящие чудеса. Например, реакция синтеза аммиака

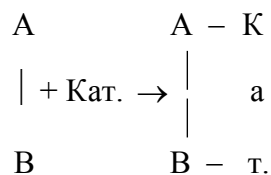


До 1913 года она вообще не могла быть осуществлена. Только после того, как был найден катализатор, при высокой температуре и давлении эту реакцию удалось осуществить. (Интересно, что в поисках нужного катализатора немецкие химики испробовали более 20 тысяч химических соединений.) Сейчас же открыты условия, позволяющие проводить ее при нормальном давлении и комнатной температуре с использованием металлоорганических катализаторов.

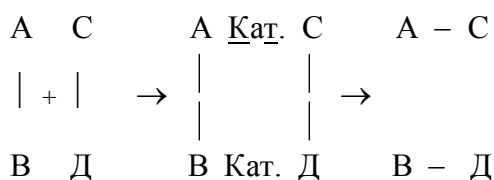
Применение катализаторов произвело переворот в химической промышленности. Катализ используется при производстве маргарина, многих пищевых продуктов. Более половины всех промышленных химических процессов базируется на каталитических процессах. Химики не без основания говорят, что некаталитических процессов вообще не существует, поскольку все они протекают в реакторах, материал стенок которых служит своеобразным катализатором. Но сам катализ все еще в значительной степени остается загадкой, вызывая к жизни самые разнообразные теории.

Сегодня можно сделать следующие выводы о сущности катализа:

1. Реагирующие вещества А и В вступают в контакт с катализатором, взаимодействуют с ним, в результате чего происходит ослабление химических связей. Условно это можно выразить так



2. В общем случае любую каталитическую реакцию можно представить проходящей через промежуточный комплекс, в котором происходит перераспределение ослабленных химических связей:



3. В подавляющем случае в качестве катализаторов выступают соединения, отличающиеся наличием в них ослабленных химических связей, что придает им высокую химическую активность.

4. Следствием взаимодействия реагентов с катализатором является ход реакции в заданном направлении.

Катализ играет важнейшую роль в процессах жизнедеятельности живых организмов (применительно к биологическим системам принято использовать термин “биокатализ”). Он является основой основ “лаборатории живого организма” и важнейшим механизмом упорядочивания и организации эффективного протекания там химических реакций. Впервые это установил шведский ученый Йенс Якоб Берцелиус (1779-1848). Сегодня химики пришли к выводу, что используя те же принципы, на которых построена химия организмов, в будущем (не повторяя в точности природу) можно будет построить принципиально новую химию, новое управление химическими процессами, где принципы синтеза себе подобных молекул будут “работать” аналогично тому, как это происходит в природе. По аналогии с ферментами (белками - естественными биокатализаторами) будут созданы такие естественные катализаторы, которые по степени

своей эффективности превзойдут существующие в настоящий момент. Задача приблизиться к природным оригиналам по части синтеза новых катализаторов, наделить их свойствами, присущими ферментам может быть обозначена как проблема биокатализа.

Явление катализа служит одним из центральных моментов выдвинутой в 1964 году профессором МГУ А.П.Руденко общей теории химической эволюции и биогенеза. Она решает в комплексе вопросы о силах и механизме эволюционного процесса, т.е. о законах химической эволюции, об отборе элементов и структур и их причинной обусловленности, об уровне химической организации как следствии эволюции. Согласно автору этой теории химическая эволюция представляет собой саморазвитие каталитических систем и, следовательно, эволюционирующим веществом являются катализаторы. В ходе реакции происходит естественный отбор тех каталитических центров, которые обладают наибольшей активностью. Те же центры, изменение которых связано с уменьшением активности, постепенно выключаются из кинетического процесса, “не выживают”. При многократных последовательных необратимых изменениях катализатора переход его на все более высокие уровни организации сопровождается эволюцией механизма базисной реакции как за счет изменений состава и структуры катализаторов, функционировавших в начале реакции, так и за счет дробления химического процесса на элементарные стадии и появления новых катализаторов этих стадий. Эти новые ускорители реакций появляются, таким образом, не за счет захвата их из внешней Среды, а за счет их саморазвития.

А.П.Руденко сформулировал основной закон химической эволюции, согласно которому с наибольшей скоростью и вероятностью образуются те пути эволюционных изменений катализатора, на которых происходит максимальное увеличение его абсолютной активности. Именно в этом законе содержатся указания на причины и движущие силы химической эволюции, протекающей в форме саморазвития каталитических систем, на ее направленность в сторону увеличения меры химической организации (порядка) и, наконец, на ее механизм – естественный отбор той все более высокоорганизованной вещественной основы, которая несет с собой увеличение абсолютной каталитической активности, а вместе с нею и увеличение вероятности цепи прогрессивных изменений катализаторов.

3.4. Генетика и неodarвинизм

Дарвинизм, как теория эволюции органического мира, возникшая на основании учения Ч.Дарвина (1809-1882) и А.Уоллеса (1823-1913), зиждется на трех главных факторах или движущих силах: изменчивости, наследственности и естественном отборе. Изменчивость является основой формирования новых признаков и особенностей в строении и функциях организмов. Наследственность закрепляет эти признаки, а естественный отбор устраняет организмы, которые не приспособляются к сложившимся условиям существования. Все это вместе взятое в процессе развития (эволюции) накапливает все новые приспособительные качества, что и ведет к образованию новых видов.

Современные биологи, когда обращаются к дарвинизму, имеют в виду не тот исходный вариант теории, который был предложен ее основателями, а модифицированный и расширенный дарвинизм. Эта теория, основанная немецким зоологом А.Вейсманом (1834-1914) и сначала известная под названием “неodarвинизма”, а позже – “синтетической теории эволюции” (СТЭ), не только не отвергла, а напротив, укрепила фундаментальные идеи, выдвинутые в свое время Дарвином и Уоллесом.

Становление СТЭ началось с создания в 1926 году С.С.Четвериковым (1880-1959) популяционной генетики. После его работ стало ясно, что отбору подвергаются не отдельные признаки и отдельные особи, а генотип всей популяции. Через признаки же отдельных особей осуществляется отбор генотипов популяции, ведущий к распространению полезных изменений.

СТЭ предполагает синтез классического дарвинизма с новейшими открытиями в генетике. Согласно ей механизм эволюции рассматривается состоящим из двух частей: случайные мутации на генетическом уровне и наследование наиболее удачных с точки зрения приспособления к окружающей среде мутаций, т.к. их носители выживают и оставляют потомство. Схематически картина эволюции по такому сценарию выглядит так

Мутация → появление нового признака → борьба за существование → естественный отбор

Лавина исследований в области изучения структуры ДНК – носителя генетической информации, открыло биологам возможность выявить механизмы эволюции на молекулярном уровне. Эти работы в 70-80-е гг. усилили позиции СТЭ. Вместе с тем ученые обсуждают и альтернативные ей точки зрения.

1). Существует взгляд, согласно которому появление различий в структуре ДНК отнюдь не вызвано действием случайных факторов, а причинно обусловлено, т.е. на молекулярном уровне принципиально господствует детерминизм. Мы, со своей стороны, заметим, что подобные взгляды на природу молекулярных процессов, выглядят излишне ограничительными. Во всяком случае, история развития физики учит, что детерминизм в природе, скорее, не правило, а исключение.

2). Более серьезным оппонентом СТЭ выступает, так называемая, теория нейтральности. Она утверждает, что не только появление генетического изменения, но и его дальнейшая судьба в популяции управляется случаем. Нейтралисты считают, что если большая часть генетических вариаций, как утверждает СТЭ, попадает под действие естественного отбора (вообще говоря, упорядочивающего фактора), то наблюдаемая степень изменчивости должна быть гораздо ниже, потому что полезные адаптивные изменения будут распространяться в популяции, а вредные – исключаться. Но поскольку реальные масштабы изменчивости так значительны, последователи теории нейтральности делают заключение, что подавляющая часть мутаций нейтральна (безразлична для выживания организма), а их сохранение в популяции или исчезновение – дело случая. Однако число изменений в каждом поколении столь велико, что даже если абсолютное большинство из них нейтральны, найдется достаточно таких, которые адаптивны и послужат материалом для творческой силы естественного отбора.

Таким образом, вопрос состоит не в том, какая из идей верна – нейтрализм или дарвинизм. Его следует сформулировать иначе: какая часть генетической изменчивости сохраняется по воле случая, а какая – благодаря тому, что дает преимущества при отборе.

Теория нейтральности основана не только на оценке количества изменений, распространенных в одном поколении, но и на данных о скорости генетических изменений от поколения к поколению. Исследования, связывающие эволюционную историю с числом различий в структуре аналогичных белков или ДНК у разных видов, дают повод полагать, что ген или белок могут рассматриваться в качестве молекулярных часов. Скорость эволюции в них относительно постоянна в течение длительных периодов времени у разных видов. Отсюда нейтралисты утверждают, что видимое постоянство скорости молекулярной эволюции несовместимо с положением СТЭ о том, что

деятельность естественного отбора отражается в изменениях на молекулярном уровне. Как они считают, из этого положения следует, что скорость молекулярной эволюции должна быть различной, ибо интенсивность давления отбора изменяется во времени и неодинакова у разных видов. Нейтралисты полагают, что наличие молекулярных часов лучше объясняется случайным включением изменений в генетический фонд вида, потому что такой процесс происходил бы с постоянной скоростью. Но в рамках СТЭ вовсе не обязательно, чтобы скорость молекулярной эволюции была переменной, как это утверждают ее критики. Если функция гена или белка в различных эволюционных рядах поколений одна и та же и не изменяется, то неудивительно, что миллионы лет ген эволюционирует с постоянной скоростью, так как требования этой функции остаются в основном теми же. Иными словами, постоянство скорости молекулярной эволюции во времени совместимо с СТЭ.

3). Центральным моментом в споре между приверженцами СТЭ и теории прерывистого, или точечного, равновесия также служит вопрос о скорости эволюции, но сформулирован он иначе. В данном случае обсуждается эволюция не на молекулярном уровне, а на морфологическом, т.е. на уровне изменения внешних признаков. Но если нейтралисты полагают, что скорость молекулярной эволюции чересчур постоянна, чтобы соответствовать СТЭ, то пунктуалисты (приверженцы теории прерывистого равновесия), исходя из данных палеонтологии, считают, что морфологическая эволюция менее равномерна, чем это требует СТЭ.

Поясим это подробнее. В палеонтологии существует следующая серьезная проблема: как объяснить немногочисленность или полное отсутствие палеонтологических остатков животных и растений, которые бы являлись промежуточными формами по отношению к обнаруженным ископаемым видам. Ученые, придерживающиеся СТЭ, предлагают считать, что палеонтологическая летопись попросту неполна. Но их противники заявляют, что ее следует принимать такой, как она есть и на этом основании приходят к выводу, что отсутствие промежуточных форм отражает внезапность (бифуркацию) появления новых видов в результате взрыва эволюционных процессов, после которого в течение миллионов лет виды измекняются незначительно.

Это возражение пунктуалистов в значительной степени разрушает следующий факт. В геологических отложениях, где отмечаются палеонтологические находки, возраст перекрывающих или подстилающих слоев может различаться на десятки тысяч лет, и поэтому при изучении палеонтологической летописи складывается впечатление, что морфологические изменения, на самом деле накапливающиеся на протяжении тысяч поколений, возникли внезапно.

И все же каким бы ни было новое или модифицированное учение об эволюции, весьма маловероятно, что мы откажемся от основных положений дарвинизма и сформулированной в середине XX в. СТЭ.

ГЛАВА 4. СОВРЕМЕННАЯ КОСМОЛОГИЯ

Космология – это астрофизическая теория структуры и динамики Метагалактики (части Вселенной, доступной современным астрономическим методам исследований), включающая в себя определенное понимание и свойств всей Вселенной. Данное определение подразумевает использование данных, относящихся принципиально к

конечной системе (Метагалактике). Их обобщение на всю Вселенную может оказаться некорректным. Но при этом высказывание суждений об устройстве Вселенной в целом является ее неотъемлемой, и может быть, наиболее важной задачей.

Настоящая глава затрагивает ряд наиболее важных проблем современной космологии. Слово “современный” в данном случае нуждается в уточнении. Дело в том, что созданные в начале XX века релятивистские теории породили совершенно новую парадигму Вселенной как эволюционирующего во времени объекта. Расскажем коротко о них.

4.1. Специальная и общая теории относительности

Суть принципа относительности в классической механике, открытого великим Галилеем, состоит в следующем: “Законы механики, установленные в одной системе координат, останутся справедливыми и в любой другой, движущейся равномерно и прямолинейно относительно первой”. Это означает, к примеру, что при равномерном движении экипажа с занавешенными окнами путешественник, сидящий внутри, никакими опытами не сможет определить перемещается он или стоит на месте.

В классической механике координаты точки X, Y, Z в неподвижной системе и ее же координаты X^1, Y^1, Z^1 , но уже в системе, движущейся относительно первой с постоянной скоростью u вдоль оси “ x ”, связаны соотношениями

$$X^1 = X - ut, \quad Y^1 = Y, \quad Z^1 = Z, \quad t^1 = t \quad (4.1)$$

Эти формулы называют преобразованиями Галилея. Вид уравнений механики (например, II закона Ньютона) не меняется при такой замене координат. Следствием преобразований Галилея является хорошо известное векторное правило сложения скоростей

$$\bar{V}^1 = \bar{V} - \bar{u}$$

здесь \bar{V}^1 – скорость в подвижной системе координат, а \bar{V} – скорость в покоящейся.

Во второй половине прошлого столетия интерес к принципу относительности необычайно возрос. Дело в том, что уравнения электромагнитного поля, открытые Максвеллом и прекрасно объяснявшие все электрические и магнитные явления, казалось бы, не удовлетворяли принципу относительности: вид этих уравнений в разных инерциальных системах был разным! Одно из следствий уравнений Максвелла заключалось в том, что скорость распространения света одинакова по всем направлениям и не зависит от скорости движения излучающего его источника. Другими словами, электромагнитная теория отрицала классическое правило сложения скоростей. Согласно последнему, если, например, скорость экипажа 100 000 км/с, а скорость света $c = 300\,000$ км/с, то свет от его фонаря должен удаляться с быстротой 200 000 км/с. Но уравнения отвергали этот эффект.

Физикам в пору было разочароваться в одном из основополагающих принципов своей науки. Однако в этой кризисной ситуации в полном блеске проявился талант Анри Пуанкаре (1854-1912). В 1895 г. гениальный француз в ряде своих работ приходит к важному заключению о том, что принцип относительности строго выполняется для оптических и электромагнитных явлений. Позже, выступая в 1904 г. на Конгрессе искусства и науки в Сент-Луисе, Пуанкаре выдвигает его уже в качестве общего принципа, заявляя: “Законы физических явлений должны быть одинаковы для неподвижного наблюдателя и для наблюдателя, совершающего равномерное поступательное движение, так что мы не имеем и не можем иметь никакого способа определять, находимся ли мы в

подобном положении или нет”. Годом позже к тому же выводу пришел А.Эйнштейн. Но как же Пуанкаре удалось примирить уравнения Максвелла и механику Ньютона?

Правильное решение этой задачи подсказала работа нидерландского физика Х.А.Лоренца (1899), показавшего, что преобразования

$$\begin{aligned} X^1 &= \frac{X - ut}{\sqrt{1 - u^2 / c^2}}, \quad Y^1 = Y, \quad Z^1 = Z, \\ t^1 &= \frac{t - uX / c^2}{\sqrt{1 - u^2 / c^2}} \end{aligned} \quad (4.2)$$

оставляют вид уравнений Максвелла неизменным. Отсюда в соответствии с принципом относительности следовало, что уравнения механики надо изменить таким образом, чтобы преобразования Лоренца (4.2) не меняли их вида при переходе из одной инерциальной системы в другую. Осуществить это можно, предположив, что масса движущегося тела не остается постоянной, а зависит от скорости по закону

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - u^2 / c^2}}$$

здесь m_0 - масса покоя. Из этой формулы видно, что движущееся тело тяжелеет. Но чтобы эта прибавка в весе была заметна величина скорости должна быть весьма значительной. Даже если u равна скорости спутника (8 км/с), то поправка к массе составит не более одной двухмиллиардной части самой массы. Для движений, рассматриваемых в классической механике отношение u/c соответственно еще во много раз меньше, поэтому с огромной степенью точности можно полагать $m = m_0$. Точно также в пределе малых скоростей ($u/c \rightarrow 0$) преобразования Лоренца (4.2) переходят в преобразования Галилея (4.1).

По существу в преобразованиях Лоренца таятся все эффекты новой механики. При приближении к скорости света все процессы в системе замедляются, продольные (вдоль движения) размеры тела сокращаются и события, одновременные для одного наблюдателя, оказываются разновременными для другого, движущегося относительно него. Длина тела (или вообще расстояние между двумя материальными точками) и длительность происходящих процессов являются не абсолютными, а относительными величинами. По этой причине эта теория получила название специальной теории относительности (СТО).

В 1916 г. А.Эйнштейн предложил обобщение СТО на случай действия гравитационных полей. Новая теория получила название общей теории относительности (ОТО). Массы, создающие поле тяготения, согласно ОТО, искривляют пространство и меняют течение времени. Чем сильнее поле, тем медленнее течет время по сравнению с течением времени вне поля. Изменения гравитационного поля распространяются в вакууме со скоростью света.

В последнее время ОТО подверглась серьезной критике. В доказательство последнего приведем цитату из книги академика А.А.Логанова и М.А.Мествиришвили “Релятивистская теория гравитации” (М.: Наука, 1989): “Согласно идеологии ОТО принцип относительности неприменим для гравитационных явлений. Именно в этом центральном пункте Эйнштейн и Гильберт совершили принципиальный отход от теории

относительности (! - Авт.), который и привел к отказу от законов сохранения энергии-импульса и момента количества движения...

Итак, приняв ОТО, мы должны отказаться как от фундаментального принципа – закона сохранения энергии-импульса вещества, так и от концепции классического поля. Но это очень большая потеря, и мы были бы слишком легкомысленны, если без должных оснований согласились бы на нее. До сих пор неизвестен ни один экспериментальный факт, прямо или косвенно ставящий под сомнение справедливость законов сохранения как в макро-, так и в микромире. Отсюда следует один вывод – отказаться от ОТО, отдав ей должное как важному этапу в развитии наших представлений о гравитации ”.

Примет ли сообщество физиков это мнение покажет время. А мы, как говорится, проживем – увидим.

4.2. Теория Большого Взрыва

Началом современного этапа развития космологии являются работы замечательного советского ученого А.А.Фридмана, выполненные в 1922-24 гг. На основе ОТО он построил математические модели движения вещества во всей Вселенной под действием сил тяготения и доказал, что Вселенная должна либо расширяться, либо сжиматься, а плотность вещества в ней соответственно должна либо уменьшаться, либо увеличиваться. Так была открыта необходимость глобальной эволюции нашего мира.

Идея Фридмана, может быть, еще долго оставалась бы чисто умозрительной, если бы в 1929 г. американский астроном Э.Хаббл не установил замечательную закономерность: чем дальше галактика, тем больше ее скорость удаления от нас. Оказалось, что существует простая зависимость между скоростью удаления галактики V и расстоянием до нее R :

$$V = HR$$

где коэффициентом пропорциональности служит H – постоянная Хаббла, равная приблизительно $75 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$, $1 \text{ Мпк} = 3 \cdot 10^{24} \text{ см}$.

Но если сейчас космические системы удаляются от нас (и друг от друга!), то когда-то в прошлом они были ближе или даже “соприкасались”. В еще более ранние времена ни скопления галактик, ни сами галактики, ни даже отдельные звезды не могли, очевидно, существовать в их современном виде, а вещество, из которого они состоят, должно было быть равномерно перемешано и составляло единую космическую среду. Чем дальше в прошлое, тем больше плотность этой среды.

До каких же пор может продолжаться, если смотреть в прошлое, это возрастание плотности? Согласно теории Фридмана, плотность мира возрастает в прошлое неограниченно и в определенный момент становится сколь угодно большой или, выражаясь математически, бесконечной. Этот момент времени берется в теории расширяющейся Вселенной за начало отсчета – нуль времени (момент Большого Взрыва). Все, что было до него лежит уже вне пределов применимости модели, да и в самый момент нулевого времени и бесконечной плотности теория уже неприменима.

Принимая вариант расширения Вселенной из некоторой “точки” (сингулярности), можно, используя закон Хаббла, оценить время, когда произошел Большой Взрыв и образовалась наша Вселенная. Оно приблизительно равно

$$T = \frac{1}{H} = 13 \cdot 10^9 \text{ лет}$$

Возможная ошибка в значении H составляет

$$50 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк}) < H < 100 \text{ км}/(\text{с} \cdot \text{Мпк})$$

Это ведет к неопределенности времени

$$10 \cdot 10^9 \text{ лет} < T < 20 \cdot 10^9 \text{ лет}$$

Итак, в прошлом, 10÷20 миллиардов лет назад, галактики и звезды еще не могли существовать как изолированные тела. Вся материя находилась в состоянии непрерывно распределенного однородного вещества. Лишь позже, в ходе расширения, оно распалось на отдельные комки, что привело к образованию отдельных небесных тел.

В 40-е годы опять-таки наш соотечественник, но вынужденный в свое время эмигрировать из России, Г.А.Гамов выдвинул предположение о том, что в далеком прошлом вещество во Вселенной было не только очень плотным, но и очень горячим.

Как известно, нагретое вещество всегда излучает фотоны, оно светится. Согласно законам термодинамики в этом проявляется стремление системы к равновесному состоянию: рождение новых фотонов компенсируется обратным процессом поглощения фотонов веществом, так что полное число фотонов в среде не меняется. При таком термодинамическом равновесии вещества и излучения средняя энергия фотона пропорциональна температуре, а концентрация фотонов, т.е. их число в единице объема пропорционально кубу температуры. В процессе космологического расширения вещества его температура падала, соответственно уменьшалась и эффективная температура излучения, но все же и в настоящий момент, если только вселенная в начальной фазе своего развития была горячей, оно должно было присутствовать в космосе.

И такое излучение было обнаружено в 1965 году американцами Пензиасом и Вилсоном. Они обнаружили слабый фоновый радиосум, приходящий из космоса и не зависящий от направления антенны. Первые наблюдения были проведены на волне 7,35 см и показали, что температура излучения составляет около 3 °К абсолютной шкалы Кельвина. В последующие годы многочисленные измерения были проведены на различных длинах волн от десятков сантиметров до долей миллиметра. Они показали, что спектр излучения равновесный, как это и предсказывалось теорией горячей вселенной.

Это излучение было названо реликтовым. Оно не возникало в каких-либо источниках подобно свету звезд или радиоволнам, родившимся в радиогалактиках. Реликтовое излучение существовало с самого начала расширения Вселенной. Его открытие является грандиозным достижением современной науки и показывает плодотворность для космологии идеи эволюции Вселенной.

Следует, однако, сказать, что гипотеза расширяющейся вселенной встречается с некоторыми трудностями. Например, как объяснить феномен расширения? Если расширение является действительным физическим процессом, то оно происходит путем “вторжения” либо в вакуум, либо в пространство других космических систем Вселенной. Существование абсолютного вакуума нельзя допустить, ибо пространство является атрибутом материи и вне ее не существует. Остается признать расширение во внутреннее пространство других материальных систем, которые сами могут как сжиматься, так и расширяться, развиваясь по собственным законам. Но тогда современная космологическая теория будет охватывать лишь Метагалактику.

Можно, правда, встать на другую точку зрения и допустить, что расширение Вселенной действительно происходит, но никакого внешнего объемлющего пространства и других космических систем не существует; просто само пространство как бы создается в процессе расширения Вселенной, в том смысле, что с течением времени увеличивается расстояние между любыми точками и изменяется геометрия пространства. Но и такой

подход заключает в себе внутреннее противоречие. Если бы было расширение пространства самого по себе, то происходило бы увеличение размеров всех материальных систем: элементарных частиц, атомов, молекул, планет, звезд, галактик, причем в той же пропорции, что и увеличение расстояний между галактиками. Между тем ничего подобного в мире не происходит, а имеется только расширение в масштабах Метагалактики.

В связи с этим философским замечанием стоит заключить, что новые открытия в теории рождения Вселенной не за горами. В частности, в начале 80-х годов появилась так называемая инфляционная модель или модель раздувающейся Вселенной (ее авторы А.Д.Линде (СССР) и А.Г.Гут (США)). Суть данной теории состоит в том, что на стадии сингулярности у Вселенной была кратковременная инфляционная фаза (фаза раздувания) – чрезвычайно быстрое расширение, при котором диаметр Вселенной увеличился в 10^{50} раз больше, чем предполагалось. В ходе этого грандиозного “спурта” все вещество и вся энергия могли образоваться практически “из ничего”. Если новая модель верна, но наблюдаемая часть Вселенной (Метагалактика) – это всего лишь малая часть Вселенной в целом. Период раздувания охватывает интервал времени приблизительно от 10^{-43} до 10^{-35} секунды. Вначале пространство имело значительную кривизну, но после “раздувания” его геометрия стала “почти евклидовой”.

Инфляционная модель предлагает и решение одного из сложнейших вопросов космологии - о природе сингулярности. Согласно сценарию, рассматриваемому в данной модели, ее первоначальный размер составлял 10^{-33} см, а на таких расстояниях действуют уже квантово-гравитационные эффекты. Отсюда можно предположить, что наша Вселенная родилась в результате квантовых флуктуаций метрики (структуры) пространства, из так называемой пространственно-временной пены (“хаоса”).

4.3. Звезды: их рождение, жизнь, смерть

Более девяти десятых вещества нашей Галактики сосредоточено в звездах; есть галактики, в которых на долю звезд приходится 99,9% массы. Звезда – это сферическая масса горячего газа, удерживаемого его собственным тяготением. Тяготение стремится сжать газ, сблизить, насколько это возможно, его частицы. Давление горячего газа действует, очевидно, в противоположном направлении, оно стремится расширить газ. Сила тяготения направлена к центру звезды, а сила давления наружу; в их противоборстве устанавливается и поддерживается равновесие, в котором звезда может пребывать миллионы и миллиарды лет.

В недрах Солнца, например, давление достигает миллиардов атмосфер, а температура – четырнадцати миллионов градусов. Высокие давление и температура поддерживаются в центральной области благодаря непрерывно идущим ядерным реакциям превращения водорода в гелий. Выделяемая там энергия просачивается к поверхности Солнца и излучается в виде потока фотонов (электромагнитных волн). Идея ядерных превращений как источника светимости Солнца и звезд выдвинута в 20-х годах нашего века А.Эддингтоном.– основоположником теории строения и эволюции звезд.

Звезды образуются в результате гравитационной конденсации разреженных облаков газа. Звезды начинают свое существование как сжимающиеся и уже не дробящиеся сгущения, температура которых постепенно возрастает из-за того, что при увеличении плотности вещества фотонам, уносящим из протозвезды энергию, становится все труднее выходить из сгущения наружу. Центральная область протозвезды становится со временем все более плотной, а потому и более горячей, и наконец, в ней загораются ядерные реакции. Ядерное энерговыделение повышает давление настолько, что оно уже может уравновесить гравитацию. Общее сжатие протозвезды прекращается, а вынос энергии с поверхности наружу компенсируется ядерными источниками в центре. Так сгущение-протозвезда превращается в звезду. Эта стадия гравитационной конденсации занимает, в зависимости от массы звезды, от нескольких миллионов лет для массивных звезд до сотен миллионов лет для звезд, менее массивных, чем Солнце.

Звезды начинают свою эволюцию с состояния, подобного нынешнему Солнцу. Их дальнейшая эволюция определяется, в первую очередь, массой. Звезда, масса которой превышает солнечную в несколько десятков раз находится в таком состоянии не более 3-8 миллионов лет. Для звезды с массой Солнца этот период затягивается до 13-15 миллиардов лет. Звезда с массой вдвое меньшей, остается в начальной фазе почти сто миллиардов лет.

Рассмотрим судьбу массивной звезды. Исчерпав за несколько миллионов лет запасы водорода в центральной своей зоне, она вступает в новую стадию своей эволюции. Ядерные реакции протекают теперь не в ее ядре, состоящем уже целиком из гелия, в который “перегорел” водород, а в тонком слое водорода вокруг этого ядра. Со временем эта оболочка все дальше и дальше отходит от центра звезды, тем самым увеличивая массу “выгоревшего” гелиевого ядра. Одновременно будет происходить процесс сжатия этого ядра и его разогрев. Однако наружные слои такой звезды начинают “разбухать”, поверхностная температура уменьшается, а цвет звезды становится красным. Такова эволюция массивной звезды в красный гигант.

А что же дальше? А дальше в ядре “зажигается” ядерная реакция слияния трех ядер гелия в ядро углерода. После того, как выгорит весь гелий, звезда теряет свою оболочку – ее наружные слои отделяются от ядра и расширяются, образуя то, что астрономы наблюдают издавна и называют планетарной туманностью. Что же касается ядра, то если его масса не больше, чем 1,2 массы Солнца, оно обнажается и предстает как звезда малого размера с довольно высокой температурой. Такие звезды известны как белые карлики – белые из-за их цвета, соответствующей высокой температуре поверхности, а карлики из-за небольшой светимости. (Малая светимость связана с малым размером излучающей поверхности звезды: радиус белого карлика на два порядка меньше солнечного). Излучая свет и постепенно остывая, эти звезды за миллиард с небольшим лет станут невидимыми, полностью излучив свою тепловую энергию. Никаких других источников энергии у них уже нет и это фактически неизменное состояние – состояние белых карликов, превратившихся в “черные” карлики является финальной стадией эволюции большинства звезд.

Нечто подобное ожидает, по-видимому, и наше Солнце. Через 8-9 миллиардов лет оно превратится сначала в красный гигант, затем, сбросив оболочку, станет белым, а после и “черным” карликом.

Судьба более массивной звезды иная. Исчерпав запасы ядерного топлива, она тоже способна отделить от себя оболочку, но это происходит в виде мощного взрыва. Вероятно, именно таким взрывным процессам и обязаны вспышки сверхновых звезд. В явлении такого рода светимость звезды возрастает за несколько дней в сотни миллионов раз.

Оболочка, отделившаяся от сердцевины звезды, быстро расширяется. Остаток же, ядро звезды, быстро сжимается, и если его масса не превышает двух масс Солнца, превращается в нейтронную звезду. Нейтронная звезда имеет плотность, сравнимую с плотностью атомных ядер – 10^{15} г/см³. Столь сильное уплотнение обязано собственному тяготению звезды, которое при указанной массе не позволяет сжимающейся сердцевине звезды превратиться в белого карлика. Радиус нейтронной звезды около десяти километров. Быстро вращающиеся нейтронные звезды (пульсары) были обнаружены в 1967 году.

А какова судьба звезды, масса которой превышает две солнечных? Силы тяготения в этом случае столь велики, что никакая упругость вещества не может им противостоять. Сжатие такой массивной звезды после исчерпания источников ядерной энергии происходит неудержимо и необратимо – она превращается в черную дыру.

О черных дырах слышали все. Все в них поражает воображение: создаваемое ими тяготение столь велико, что лучи света не могут выходить из них, а лучи, проходящие поблизости от черных дыр, искривляются и захватываются ими. Даже геометрические свойства пространства и течение времени вблизи черных дыр изменяются самым причудливым образом. Черные дыры создают в пространстве бездонные воронки, в которые “засасывается” все – и свет, и частицы. Размер такой воронки сравним с радиусом нейтронной звезды; он составляет несколько километров.

С теоретической точки зрения (в рамках ОТО) черные дыры столь же неизбежный результат эволюции звезд, как белые карлики или нейтронные звезды. Однако прямые экспериментальные свидетельства их существования до сих пор отсутствуют. (К этому стоит добавить, что в альтернативной ОТО релятивистской теории гравитации А.А.Логанова объекты типа черных дыр не могут возникнуть и гипотетически).

4.4. Образование Солнечной системы

Происхождение Солнечной системы было исторически первой проблемой космогонии, сформулированной как проблема естественных наук. В 1644 г. Декарт выдвинул концепцию протосолнечной туманности – вращающегося, завихренного облака газа и пыли, в центре которого формировалось Солнце, а на периферии – планеты с их спутниками. Столетием позже Кант, а затем Лаплас, развивая эту идею, исследовали динамику вращающегося облака на основе механики Ньютона. Сжимаясь под действием собственного тяготения, облако вращалось все быстрее, происходило его сплющивание в диск, и на определенном этапе из-за возросших центробежных сил от края диска последовательно отделялись быстро вращающиеся кольца. В дальнейшем материал отдельных колец должен был конденсироваться и из него образовались планеты – каждая на своей орбите. В такой картине получало наглядное объяснение важнейшее свойство Солнечной системы – то, что ее планеты движутся по (почти) круговым орбитам, орбиты лежат в одной плоскости и планеты вращаются по ним в одну сторону – в ту, в которую вращается вокруг своей оси и само Солнце.

Гораздо труднее было объяснить другие закономерности в Солнечной системе и в первую очередь распределение вращательного момента между Солнцем и планетами. На планеты приходится масса, составляющая всего 1/700 долю массы Солнца; вращательный же момент, связанный с их орбитальным движением, составляет 98 % всего момента вращения Солнечной системы. На собственное вращение Солнца вокруг своей оси остается только 2 % общего момента системы. Другими словами, вращение оказалось почему-то крайне неравномерно распределенным по массе системы от ее центра наружу:

подавляющая часть массы находится в самом центре, а подавляющая часть момента – снаружи.

Замечательным является то обстоятельство, что Юпитер обладает вращательным моментом, превосходящим момент Солнца более чем в тридцать раз. Момент Сатурна составляет менее половины момента Юпитера, а момент всех остальных планет вместе – менее четверти момента Юпитера. Такое распределение момента никак не может получиться при последовательном отделении экваториальных колец от вращающегося облака.

В современных исследованиях по космогонии Солнечной системы исходят из того, что материалом протопланетного облака была межзвездная среда, химический состав которой мало отличался от современной. Тяжелые элементы, на которые приходится приблизительно 2 % (по массе), были сосредоточены, главным образом, в пылинках; водорода имелось 70-75 %, а гелия – 28-23 %. При сжатии облака под действием собственной силы тяжести его вращение ускорялось, и рано или поздно центробежная сила стала мешать сжатию поперек оси вращения. Сжатие же вдоль нее продолжалось, причем пылинки оседали к средней экваториальной плоскости облака быстрее, чем водородно-гелиевый газ. Накапливаясь там, частицы слипались в более крупные твердые тела. В результате возникал довольно плоский диск, состоящий из таких твердотельных образований и отдельных пылинок.

Вероятно, вместе с формированием диска происходил и другой процесс – в центре облака возникало плотное газовое сгущение, которое превратилось затем в звезду, и в ее недрах зажглись термоядерные реакции. Солнце стало тогда нагревать окружающее его вещество, и из-за этого водород и гелий постепенно улетучивались из близкой к Солнцу области, уходили в наружную часть облака. Химический состав протопланетного облака стал неоднородным: оно разделилось на область, близкую к Солнцу, где преобладали тяжелые элементы, собранные в пылинки и образованные из них твердые тела, и периферию, где химический состав остался почти прежним.

Вот почему планеты, которые формировались из материала протопланетного облака, оказались столь различными по своему физическому состоянию и химическому составу. Во внешней области, на периферии Солнечной системы, возникали газообразные шары – планеты, состоящие главным образом из водорода и гелия – Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун. Во внутренней области возникали твердые планеты, в веществе которых преобладают элементы, более тяжелые, чем водород и гелий. Там, где формировалась Земля, летучие вещества, и в первую очередь водород и гелий, испарились почти полностью, и потому Земля, а также Марс, Венера и Меркурий оказались твердыми.

Сами планеты возникали в результате фрагментации протопланетного облака, причем, в этом процессе возникали не непосредственно планеты, а сначала более мелкие сгустки, получившие название планетезималей. Постепенное слияние этих сгустков, объединение планетезималей в планеты представляло собой финальную стадию формирования Солнечной системы.

Однако остается уже затрагивавшийся вопрос: как же все-таки возникло наблюдаемое распределение вращательного момента в Солнечной системе? Интересная идея на этот счет высказана недавно Э.М.Дробышевским. Исходным пунктом его гипотезы служит довольно неожиданный результат численного (с использованием компьютера) моделирования эволюции вращающегося гравитирующего облака, показавшего, что по мере сжатия и ускорения вращения облако превращается не в гладкий плоский диск, а во вращающийся бублик – тор. Но вращающийся тор без центральной массы – абсолютно неустойчивая конфигурация, она должна распадаться на отдельные сгустки, вращающиеся

вокруг их общего центра масс. Наиболее вероятным сценарием распада будет образование двух крупных и множества менее массивных фрагментов. Один из крупных “осколков” превращается со временем в Солнце, а другой в самую массивную планету Солнечной системы – Юпитер. Но до этого между сгустками происходит сложное взаимодействие, сопровождающееся перетеканием вещества с одного из них на другой. Вещество перетекает в виде струи с будущего Юпитера к будущему Солнцу. При этом вокруг протосолнечного сгустка образуется диск, осевое вращение которого может оказаться противоположным вращению самого этого сгустка. Когда материал диска оседает на поверхность сгустка, он замедляет осевое вращение. По этой причине вращение Солнца оказывается медленным, а его вращательный момент соответственно малым.

Земля формировалась из планетезималей, которые сталкивались и оттого слипались, разогревались и могли расплавляться. Но история Земли – уже тема следующей главы.

ГЛАВА 5. ПРОШЛОЕ И НАСТОЯЩЕЕ НАШЕЙ ПЛАНЕТЫ

С незапамятных времен человечество интересуется прошлой жизнью своей “кормилицы”, которая так много видела на своем веку. Но долгое время тайны ее прошлого не были доступны человеку. Еще в конце XVIII в. английский геолог Вудворд считал, что внутренность Земли занята массой воды, дающей начало морям, рекам и другим наземным потокам, а также послужили причиной всемирного потопа. При этом остатки ископаемых растений служили для ученого доказательством того, что потоп произошел в мае.

Ученые XX века могут посмеяться над подобными взглядами. И, видимо, этот смех будет оправдан, ибо наши потомки лет, к примеру, через сто, наверное, с большим вниманием отнесутся к современным концепциям эволюции Земли.

5.1. Оболочки Земли

Земной шар внутри, подобно луковице, состоит из нескольких концентрических слоев, вложенных один в другой. Впервые эта идея была высказана в 1897 г. профессором Геттингенского университета Э.Вихертом.

Наиболее отчетливо выделяются три оболочки или геосферы: земная кора, мантия и ядро. Самая верхняя оболочка нашей планеты – земная кора представляет собой довольно “тонкое” покрывало. Мощность коры в океанах составляет около 5 км, на материках она достигает 70 км. Однако даже самая мощная кора по сравнению с другими геосферами Земли кажется тонкой пленкой, в которую обернут земной шар. В среднем толщина коры составляет всего 0,006 (0,6%) от длины земного радиуса, а он, напомним, равен 6371 км.

Земная кора имеет довольно четко выраженную границу с подстилающей мантией. Эта поверхность раздела была открыта в 1910 году югославским геофизиком А.Мохоровичем при изучении землетрясений. Ниже нее до глубины 2900 км располагается мантия Земли. Пространство, лежащее еще глубже, составляет ядро планеты.

На глубине около 100 км под материками и около 50 км под океанами ниже подошвы земной коры находится слой мантии, где, как предполагается, вещество находится в аморфном состоянии (твердотельные гранулы окружены пленкой расплава). Он был открыт немецким геофизиком Б.Гутенбергом в 1914 г. и впоследствии назван астеносферой. Остальная часть мантии находится в твердокристаллическом состоянии, а температура внутри нее не превышает 2000-2500 °С.

По измерениям скорости прохождения сейсмических волн через ядро ученые сделали вывод о его жидком состоянии. По-видимому, оно напоминает густой, вязкий материал. Но весьма вероятно, что с глубин порядка 5000-5200 км оно становится твердотельным (датчанин И.Леманн, 1936 г.). Температура ядра достигает 5000 °С. О химическом составе ядра существуют два основных мнения. Одни исследователи считают ядро железным с включениями никеля. Другие видят его сложным из силикатов, находящихся в “металлизированном” состоянии (сверхплотная упаковка под влиянием высокого давления).

Отметим сразу же один любопытный момент эволюции нашей планеты: рождалась она из холодных сгустков первичного планетного вещества, а к нашему времени ее внутренности разогрелись до нескольких тысяч градусов. Как это могло произойти? В качестве причин разогрева Земли следует указать гравитационное уплотнение (высвобождавшаяся при этом потенциальная энергия переходила в тепло), нагревание ударами крупных космических тел и выделение тепла радиоактивными элементами. Под

влиянием разогрева, по крайней мере, часть вещества перешла в расплавленное состояние, что способствовало его дифференциации: тяжелые элементы сконцентрировались во внутренних областях Земли, тогда как легкие скапливались вблизи поверхности. Упорядочение исходного однородного “рыхлого” первоматериала привело в конечном итоге к разделению толщи планеты на ядро и мантию. Образование этих геосфер Земли явилось основным результатом ее догеологической истории. Около 4,5 млрд. лет назад Земля становится твердой планетой, после чего, собственно, и начинается ее геологическая эволюция.

Современные безжизненные Луну и Марс можно рассматривать как аналоги древней Земли. Их начальные этапы эволюции протекали примерно одинаково. Под действием радиоактивного разогрева у всех них происходило выплавление базальтового слоя будущей планетной коры и дегазация мантийного материала. Газообразные компоненты высвобождались из недр планет, но только Земля смогла удержать их в около себя силой тяготения. Луна и Марс, обладающие меньшей силой притяжения, не сумели “приватизировать” продукты дегазации, которые частично (Марс) или практически полностью (Луна) рассеялись в космическом пространстве. Земля же, в отличие от них, обрела внешнюю газообразную оболочку – атмосферу.

Согласно современным представлениям в ранние периоды своего существования земная атмосфера обладала значительно меньшей плотности. Сравнение с планетами-гигантами (например, Юпитером, Сатурном) позволяет предположить, что в первичном ее составе преобладали метан, аммиак, в меньшей степени водород, пары воды, двуокись и окись углерода. Кислород же практически отсутствовал. Конденсация паров воды приводила к образованию первых водных бассейнов на поверхности Земли (гидросферы). Оценки глубины первичного океана значительно разнятся между собой: от современной до 1,5-2 км.

Характерной чертой ландшафта древней Земли была безжизненность суши и океанов. Однако уже в тот “мертвый сезон” органическая жизнь исподволь готовила свой выход на “сцену”. Признано, что самым первым организмом, найденным в горных породах, было 3,5-3,2 млрд. лет. С этого времени мы можем определенно говорить о развитии сферы живого на нашей планете – биосферы.

Существует два отличающихся определения этого понятия. Первое известно со времени появления в науке данного термина (Э.Зюсс, 1875 г.) и представляет биосферу как совокупность всех живых организмов на Земле. Наш выдающийся соотечественник В.И.Вернадский (1863-1945) переосмыслил, однако, это понятие несколько в ином ключе. Он понимал биосферу как сферу единства живого и неживого.

Такое толкование определило взгляд Вернадского на проблему происхождения жизни на Земле. Рассматривая следующие варианты:

- 1). Жизнь возникла до образования Земли и была занесена на нее;
- 2). Жизнь зародилась после образования Земли;
- 3). Жизнь зародилась вместе с формированием Земли,

ученый выбрал последний, считая, что нет убедительных научных данных о том, что живое когда-либо не существовало на нашей планете. Иными словами, биосфера была на планете всегда.

Под биосферой, таким образом, Вернадский понимал тонкую оболочку Земли, в которой все процессы протекают под прямым воздействием живых организмов. Биосфера располагается на стыке литосферы (“камнесферы”, включающей кору и верхнюю часть мантии), гидросферы и атмосферы, располагаясь в диапазоне от 10 км в глубь Земли до 33 км над ее поверхностью.

Теория Вернадского естественным образом объединяет историю развития и упорядочения различных оболочек планеты и утверждает единство процессов физической, химической и биологической эволюции Земли, подчеркивая приоритет идей самоорганизации в исследовании Природы. В этом ее непреходящая ценность.

5.2. Тектоника плит и мобилизм

Мобилизмом называют геологическую гипотезу, предполагающую большие (до неск. тыс. км) горизонтальные перемещения крупных литосферных плит. Впервые она была выдвинута немецким ученым А.Вегенером в 1912 г. Однако задолго до него идея дрейфа континентов уже будоражила умы исследователей.

Так, на неслучайность сходства западного берега Африки и восточного побережья Южной Америки указывал еще философ Френсис Бэкон в своем сочинении “Новый органон” (1620), а французский аббат Пласе (1658) высказал предположение, что Старый и Новый Свет разделились в результате Всемирного потопа (эта точка зрения просуществовала вплоть до XIX столетия). В 1858 г. итальянец А.Снайдер (Пелегрини) обосновал идею об образовании Атлантики в результате раскола единого праматерика, вследствие чего сейчас наблюдается сходство в контурах его осколков, а также ископаемых растений и месторождений угля в Европе и Америке. В 1910 гляциолог Ф.Тейлор попытался связать факт образования молодых горных систем с дрейфом континентов.

Таким образом, идея мобилизма имела глубокие корни. И все же именно А.Вегенер не только научно обосновал саму идею перемещения материков, но и создал основы этой теории. Он доказывал, что существовал единый гигантский материк Пангея (всеобщая Земля), объединявший все известные нам континенты. Этот праматерик был окружен безбрежным океаном. По мнению А.Вегенера, Пангея под влиянием сил вращения Земли на рубеже палеозойской и мезозойской эр (250-200 млн. лет назад) раскололась на отдельные блоки – современные материки. Впоследствии они дрейфовали уже независимо. Но что заставляло их двигаться?

Наиболее правдоподобными силами перемещения материков считаются силы, связанные с конвективными течениями в верхней мантии Земли. На этот механизм впервые указал А.Холмс в конце 20-х годов. Он допускал, что конвективные потоки вещества приводят в движение верхнюю оболочку Земли толщиной 50-100 км. Эта концепция в целом близка к современным представлениям.

Карта районов землетрясений показывает, что они образуют узкие длинные зоны, разделяющие стабильные участки – литосферные плиты, внутри которых землетрясений не бывает. В 60-е годы в науках о Земле получила признание теория тектоники плит. Считается, что верхний слой земной коры состоит примерно из пятнадцати жестких плит, которые могут сталкиваться, погружаться друг под друга и надвигаться одна на другую. Плиты плавают на горячем, пластичном слое мантии – астеносфере, в котором вещество находится в расплавленном состоянии. Вместе с плитами могут перемещаться и континенты. Сейчас теория дрейфа континентов, основанная на тектонике литосферных плит, стала общепризнанной. Данные геофизики, в основном сейсмические, подтверждают ее.

5.3. Летопись ледниковых эпох

Холодные этапы истории Земли называют ледниковыми периодами. Еще каких-то двадцать лет назад планета пребывала в жестоких объятиях последнего из них. Гигантские

массы льда толщиной до двух километров медленно наступали на юг. Температуры воздуха при этом резко снижались, а кора под ледниковым покровом испытывала прогибание. В то же время количество воды, изымавшееся из гидросферы для формирования этих покровов, было столь велико, что уровень Мирового океана понизился более чем на сто метров, превратив в сушу огромные пространства континентальных шельфов. Во время последнего оледенения большие части Северной Америки, Европы, Азии были покрыты ледниковыми щитами; поверхность Северного Ледовитого и северная окраина Атлантического океанов скрывались под панцирем плавучего льда. Но около 14 000 лет назад ледниковые покровы стали сокращаться и за последующие семь тысяч лет достигли своих современных размеров. Отступающий ледник оставил после себя “зримые” следы – гигантские валуны, передвинутые на сотни километров от источников своего каменного материала. Но насколько уникально было “недавнее” оледенение и с чем связана такая глобальная перемена лика нашей планеты?

На протяжении последнего миллиарда лет истории Земли было лишь три интервала, когда в обеих полярных областях возникали достаточно мощные ледниковые наслоения. В эти периоды в районах Северного и Южного полюсов происходило интенсивное накопление льда, а континенты, расположенные в высоких и умеренных широтах, неоднократно (!) покрывались ледниковыми щитами. Первый период, отмеченный подобными, многократно повторяющимися оледенениями, пришелся на докембрий (кембрий – первый период палеозойской эры), заняв промежуток времени между 800 и 600 миллионами лет назад. Второй огромный ледниковый интервал, известный как пермокарбонное оледенение, имел место около 300 миллионов лет назад. Наконец, современный, или позднекайнозойский ледниковый период начался немногим более десяти миллионов лет назад и еще далек от своего завершения.

Причины, по которым эти длительные чередования ледниковых и межледниковых эпох начинались и кончались, пока еще полностью не выяснены, однако есть основания полагать, что соответствующие изменения климата были обусловлены дрейфом литосферных плит – глобальным геодинамическим процессом, в результате которого континенты Земли медленно (несколько см в год), но постоянно изменяют свое географическое положение. Согласно данной гипотезе способные к быстрым изменениям массы льда накапливались в приполярных областях планеты как раз тогда, когда там оказывались сосредоточены значительные по площади участки суши. В частности, все то, что мы знаем о пермокарбонном оледенении и его географии, хорошо укладывается в рамки этой гипотезы. Так, сейчас доказано, что в то далекое время вся земная суша была объединена в один гигантский суперконтинент – Пангею. Центр его располагался на экваторе, однако одна из окраин достигала района Южного полюса. И именно к ней принадлежали области, в которых отмечаются следы пермокарбонного оледенения – нынешние Бразилия, Аргентина, Южная Африка, полуостров Индостан, Антарктида и Австралия. Все они лежали тогда в высоких широтах Южного полушария.

На протяжении последующих двухсот миллионов лет Земля была полностью свободна ото льда, климат был устойчиво теплым – часто значительно более теплым, чем современный. Можно думать, что причиной установления этого режима явилось общее смещение Пангеи на север, в результате чего ее южная окраина вышла из полярной области. А затем – около 55 миллионов лет назад – начался длительный период направленного похолодания глобального климата, возникла тенденция к снижению температур, продолжающаяся и поныне. Этот процесс, обычно называемый кайнозойским похолоданием, ассоциируется с последовательным расколом Пангеи на отдельные изолированные континенты, на те материковые массы, которые продолжают существовать

и в насроящее время. Антарктида отделилась от Австралии и постепенно сместилась на свою теперешнюю южнополярную позицию. В то же время Североамериканский и Евразийский континенты начали дрейфовать в сторону Северного полюса. И по мере того как в высоких широтах обоих полушарий концентрировались все более крупные массы суши, отражательная способность земной поверхности увеличивалась и глобальный климат становился холоднее. В связи с этим похолоданием около десяти миллионов лет назад на Аляске и в других высокоширотных районах Северного полушария появились небольшие горные ледники. Гораздо более драматичным было возникновение нового климатического режима в Южном полушарии, где именно в то время Антарктический ледниковый покров быстро увеличился в объеме, набрав массу, примерно равную половине современной. А около пяти миллионов лет назад он испытал повторное, еще более мощное разрастание, в результате чего приобрел размеры, которые по-видимому, довольно сильно превосходили современные.

Три миллиона лет назад материковые ледниковые покровы появились и в Северном полушарии, где они тяготели к областям, обрамляющим Северную Атлантику. А появившись, эти ледяные отложения должны были особенно чутко реагировать на колебания количества лучистой энергии Солнца, падающей на земную поверхность (инсоляции), связанные с астрономическими факторами, должны были сразу вступить в длительный период, отмеченный серией ритмичных изменений. Детальный анализ ранней истории этих изменений при современном уровне наших знаний невозможен. Зато в климате последнего полумиллиона лет мы можем ясно видеть глубокие отпечатки циклов, имеющих периоды в 100 000, 41 000 и 22 000 лет. Данные значения этих “малых” периодов колебаний объяснила астрономическая теория М.Миланковича (1879-1958), согласно которой первое число определяется циклом изменений эксцентриситета орбиты Земли, второе – циклу изменений наклона земной оси, а третье – циклу прецессии точек равноденствия и солнцестояний.

Разгадка тайны ледниковых эпох – одна из триумфальных побед естествознания!

5.4. Теории возникновения жизни

. Существует пять концепций возникновения жизни:

1). креационизм – божественное сотворение живого;

- 2). концепция многократного самопроизвольного зарождения жизни из неживого вещества (ее придерживался еще Аристотель, который считал, что живое может возникать и в результате разложения почвы);
- 3). концепция стационарного состояния, в соответствии с которой жизнь существовала всегда;
- 4). концепция панспермии – внеземного происхождения жизни;
- 5). концепция происхождения жизни на Земле в историческом прошлом в результате процессов, подчиняющихся физическим и химическим законам.

Первая концепция является религиозной и к науке прямого отношения не имеет. Вторую опроверг изучавший деятельность бактерий французский микробиолог Луи Пастер (1822-1895). Третья из-за своей оригинальности и умозрительности всегда имела немного сторонников.

В настоящее время всерьез обсуждаются только две последние теории. Концепция панспермии опирается на обнаруженных в метеоритах и кометах “предшественников живого” – органических соединений, которые, возможно, сыграли роль “семян”. У концепции появления жизни на Земле в историческом прошлом два варианта. Согласно одному, происхождение жизни – результат случайного образования единичной “живой молекулы”, в строении которой был заложен весь план дальнейшего развития живого. Французский биолог Ж.Моно пишет, что “жизнь не следует из законов физики, но совместима с ними. Жизнь – событие, исключительность которого необходимо сознавать”. Согласно другой точке зрения, происхождение жизни – результат закономерной эволюции материи.

В 1924 г. в книге Александра Ивановича Опарина “Происхождение жизни” была впервые сформулирована естественнонаучная концепция, согласно которой возникновение жизни – результат сначала химической, а затем биохимической эволюции. Наша планета – “золотая середина” в Солнечной системе, которая наиболее подходит для зарождения жизни. Возраст Земли около 5 млрд. лет. Температура ее поверхности в начальный период была 4000-8000 °С и по мере того как планета остывала, углерод и более тугоплавкие металлы конденсировались и образовали земную кору. Первичная атмосфера не содержала кислорода и это было, по-видимому, необходимым условием возникновения жизни: лабораторные опыты показывают, что органические вещества гораздо легче создаются в восстановительной среде, чем в насыщенной кислородом.

Известны три способа синтеза природных органических веществ. Содержащие углерод и азот вещества могли возникать в расплавленных глубинах Земли и выноситься на поверхность при вулканической деятельности, попадая далее в океан.

Органические соединения, с другой стороны, могли образоваться во Вселенной из космического “сырья”.

И наконец, третья, наиболее мощное направление синтеза указано А.И.Опариним, который полагал, что органические вещества могли создаваться и в океане из более простых соединений. Энергию для этих реакций, вероятно, доставляла интенсивная солнечная радиация (главным образом, ультрафиолетовая), падавшая на Землю до того, как образовался слой озона, который стал задерживать большую ее часть. Разнообразие находящихся в океанах простых соединений, площадь нашей планеты, доступность солнечной энергии и значительные масштабы времени позволяют предположить, что в океанах накопились органические вещества и образовался тот “первичный бульон”, в котором могла возникнуть жизнь.

После того, как углеродистые соединения образовали “первичный бульон”, могли организовываться биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты, обладающие свойством

самовоспроизводства. Необходимая концентрация веществ для образования биополимеров могла возникнуть в результате осаждения органических соединений на минеральных частицах, например, на глине или гидроокиси железа, образующих ил прогреваемого Солнцем мелководья. Кроме того, органические вещества могли образоваться на поверхности океана тонкую пленку, которую ветер и волны гнали к берегу, где она собиралась в толстые слои.

В начальный период формирования Земли воды, пропитывающие земной грунт, непрерывно перемещали растворенные в них вещества из мест их образования в места накопления. Там формировались пробионты – системы органических веществ, способных взаимодействовать с окружающей средой. На этой стадии уже возможен примитивный “отбор”, ведущий к постепенному усложнению и упорядоченности как обеспечивающих преимущество в выживании.

В пользу возможности абиогенного (небиологического) синтеза свидетельствуют эксперименты американца С.Миллера (1953 г.), в которых наблюдалось образование некоторых аминокислот при пропускании электрического заряда через смесь газов, предположительно составлявших первичную атмосферу Земли. Эти результаты доказывают, что абиогенное образование органических соединений во Вселенной могло происходить в результате воздействия тепловой энергии, ионизирующего и ультрафиолетового излучений и электрических разрядов.

Начало жизни на Земле следует связывать с появлением нуклеиновых кислот, способных к воспроизводству белков. Сам переход от сложных органических веществ к простым живым организмам пока неясен. Теория биохимической эволюции дает лишь общую схему. В соответствии с ней на границе между сгустками органических веществ (коацерватов) могли выстраиваться молекулы сложных углеводов, что приводило к образованию примитивной клеточной мембраны, обеспечивавшей коацерватам стабильность. Дальнейшая судьба коацерватной капли определялась тем, какой процесс – роста или распада – оказывался преобладающим. Достигнув определенных размеров, исходная капля могла распасться на дочерние, и те из них, которые соответствовали по структуре материнской, росли дальше, а резко отличные – распались. В процессе длительного отбора сохранились только те капли, которые не теряли своей структуры, т.е. приобрели свойство самовоспроизведения. При попадании же в коацерват способной к воспроизведению молекулы могла образоваться и простейшая клетка – структурное основание живого в природе.

ГЛАВА 6. О ПРИРОДЕ ЧЕЛОВЕКА

В настоящее время в науке утвердилось представление, что человек – биосоциальное существо, соединяющий в себе биологическую и социальную компоненты. С этим можно согласиться, добавляя: 1) что человека можно рассматривать и с физической точки зрения и изучать происходящие в нем химические процессы; 2) что не только человеку присуща социальная форма существования, но и многим животным. Важность и принципиальность этих уточнений демонстрируется ниже на конкретных избранных примерах.

6.1. Предполагаемые стадии антропогенеза

Антропогенезом называют процесс историко-эволюционного формирования физического типа человека. Бурное развитие учения о становлении человека началось после создания Ч.Дарвином эволюционной теории. Немецкий биолог Эрнст Геккель (1834-1919) выдвинул гипотезу о существовании в прошлом промежуточного между обезьяной и человеком вида, который он назвал питекантропом (буквально “обезьяночеловек”). Он же предположил, что не современные обезьяны были предками человека, а дриопитеки (“древесные обезьяны”), которые жили 70 млн. лет назад. От них одна линия эволюции пошла к шимпанзе и гориллам, другая – к человеку. 20 млн. лет назад под влиянием похолодания джунгли отступили и одной из ветвей дриопитеков пришлось спуститься с деревьев и перейти к прямохождению (так называемые “рамапитеки”, остатки которых найдены в Индии и названы в честь героя индийского эпоса).

В 1960 году английский археолог Л.Лики открыл в Восточной Африке “Человека умелого”, возраст которого 2 млн. лет, а объем мозга 670 куб. см. В этих же слоях были обнаружены орудия труда из расколотой речной гальки, заостренной при помощи нескольких сколов, которые он, как предполагают, изготавливал. Позже на озере Рудольф в Кении были найдены остатки существ того же типа возрастом 5,5 млн. лет. Наличие изготовленных орудий труда (если по этому факту судить о становлении человека) позволили существенно увеличить его возраст. После этого укрепилось мнение, что именно в Восточной Африке четвертичном периоде кайнозойской эры произошло разделение человека и человекообразных обезьян (не ранее, так как гены тех и других слишком сходны), т.е. разошлись эволюционные линии человека и шимпанзе.

Но что было причиной появления человека именно в одном месте? В Восточной Африке имеют место выходы урановых пород и существует повышенная радиация. Последняя, как доказано генетикой, вызывает мутации. Таким образом, здесь эволюционные изменения могли протекать более быстрыми темпами.

“Человека умелого” относят к австралопитекам (буквально “южная обезьяна”), остатки которого впервые найдены в Африке в 1924 году. Объем мозга австралопитека не превышал объема мозга человекообразных обезьян, но он был способен к созданию орудий труда.

Гипотетически предположенным Э.Геккелем питекантропом были названы остатки, обнаруженные в 1891 году на острове Ява. Существа, жившие 0,5 млн. лет назад, имели рост более 150 см, объем мозга примерно 900 куб. см.. Они использовали ножи, сверла, скребки, ручные рубила. В 20-е годы XX века в Китае был найден синантроп (“китайский человек”) с близким к питекантропу объемом мозга. Он использовал огонь и сосуды, но не обладал речью.

В 1856 году в долине Неандерталь в Германии обнаружили остатки существа, жившего 150-40 тыс. лет назад, названного неандертальцем. Он имел объем мозга, близкий к современному человеку, но покатый лоб, надбровные дуги, низкую черепную коробку; жил в пещерах, охотясь на мамонтов. У неандертальцев впервые обнаружены захоронения трупов.

Наконец, в пещере Кро-Маньон во Франции в 1868 году были найдены остатки существа, близкого по облику и объему черепа (до 1600 куб. см.) к современному человеку, имевшему рост 180 см и жившему от 40 до 15 тыс. лет назад. Это и есть “Человек

разумный”. В ту же эпоху появились расовые различия. У изолированных групп складывались особые признаки (светлая кожа у белых и т.д.).

Итак, линия эволюции человека выстраивается следующим образом:

“Человек умелый” (австралопитек)

“Человек прямоходящий” (питекантроп и синантроп)

“Человек неандертальский”

“Человек разумный” (кроманьонец)

После кроманьонца человек не изменялся генетически, тогда как его социальная эволюция продолжалась. У.Хавеллз утверждает, что человек современного типа возник 200 тыс. лет тому назад в Восточной Африке. Эта гипотеза получила название “Ноева ковчега”, потому что по Библии все расы и народы произошли от трех сыновей – Сима, Хама и Иафета. В соответствии с этой версией питекантроп, синантроп и неандерталец – не предки современного человека, а различные группы гоминид (человекообразных существ), вытесненных “Человеком прямоходящим” из Восточной Африки. В пользу данной гипотезы свидетельствуют генетические исследования, которые не всеми антропологами и палеонтологами признаются надежными.

Альтернативная точка зрения мультирегиональной эволюции человечества (М.Уолпофф) утверждает, что только архаичные люди возникли в Африке, а современные – там, где живут сейчас. Человек покинул Африку не менее 1 млн. лет назад. Эта гипотеза основывается на палеонтологическом сходстве между современными людьми и далекими предками, живущими в местах их обитания.

Какая из этих гипотез справедлива, сказать невозможно, так как палеонтологическая летопись неполна и промежуточные виды между человеком и обезьянами до сих пор в полном объеме неизвестны.

6.2. Естествознание и психология

Психология – наука о психическом (душевном!) отражении действительности в процессе деятельности человека и поведения животных. Из этого определения ясно, что естествознание может “вторгаться” в эту область лишь опосредованно, а следствия таких проникновений следует интерпретировать достаточно осторожно. Но тем не менее методы естественных наук оказываются пригодными и в области, так называемого, гуманитарного знания.

Мы остановимся на изложении трех, в некотором смысле схожих теориях – **этологии, психоанализа и этнологии**, объектом изучения которых выступают последовательно животные, человек и народ.

В начале 30-х годов XX века усилиями, в основном, австрийского зоолога К.Лоренца (1903-1989) были заложены основы науки о поведении животных, которая получила название **этологии** (от греческого “этос” – нрав, характер; тот же корень в слове “этика” – наука о поведении человека). **Этология** изучает животных преимущественно в свободных условиях и исходит из того, что поведение животных зависит от стимула (ключевых раздражителей) и внутренних процессов и агентов (в частности, гормонов, выделяемых в кровь и тканевую жидкость железами внутренней секреции), которые влияют на рост и т.п.

Животные рождаются на свет со значительной частью приспособительных форм поведения, которые носят название инстинктов. “Инстинктивные, унаследованные движения развиваются подобно органам тела и не требуют специальной практики” (К.Лоренц. Агрессия. – М., 1994). Инстинкты специфичны для каждого вида и отличаются

от простых рефлексов степенью сложности. Это единицы поведения, определяемые генотипом. Гипотеза механизма инстинктивного поведения такова. Под действием внешних и внутренних факторов в соответствующих нервных центрах происходит накопление “энергии действия”, специфичной для определенного побуждения (голод и т.п.). Ее возрастание выше некоторого уровня приводит к появлению поисковой фазы, состоящей в активном поиске раздражителей, при помощи которых могло бы быть удовлетворено побуждение. При усиленном накоплении “энергии действия” завершающий акт может осуществиться без ключевых раздражителей.

Инстинкты – результат воздействия внешнего мира на организм и они могут совершенствоваться тем же путем, каким возникают и закрепляются за видом новые морфологические признаки. Питанию, росту, размножению и самосохранению соответствуют четыре рода инстинктов: голода, половой, агрессии и страха. Агрессия, по Лоренцу, является подлинным первичным инстинктом, направленным на сохранение вида. Она проявляется прежде всего в конкуренции внутри вида, поскольку только наиболее приспособленные могут захватывать большую территорию, приносить большее потомство и передавать свои гены следующему поколению.

Опасность инстинкта в его спонтанности. При недостатке врагов смещается порог раздражения и животное готово проявить свою агрессивность по отношению к кому угодно. Но в то же время существует зависимость между действенностью зубов, клыков и т.д. и механизмом торможения, запрещающим применять это оружие против своих сородичей (наиболее кровожадные звери – волки – обладают самыми надежными “тормозами”). Механизм торможения включает в себя позы покорности, напоминающие поведение детей или самки при спаривании. По Лоренцу, “у этих животных специальные механизмы торможения запрещали нападение на детей или, соответственно, на самок еще до того, как такие выразительные движения приобрели общий социальный смысл. Но если так – можно предположить, что именно через них из пары и семьи развилась более крупная социальная группа.” Ритуализация поведения выполняет функцию перевода агрессии в безопасное для животных русло и построения прочного союза двух или большего числа собратьев по виду. Значительная часть привычек, определяемых хорошими манерами, представляет собой ритуализированное в культуре утрирование жестов покорности, большинство из которых, вероятно, восходит к ритуализированному поведению, имевшему тот же смысл.

Этология показала, что в человеке много свойственного животным. В частности, садизм имеет корни в инстинкте агрессии. Ученые-этологи наглядно показали, что внутривидовой отбор может быть и отрицателен для сообщества животных. А ведь именно он играет все большую роль в мире людей, стимулируя войны и кризисы. И “есть веские основания считать внутривидовую агрессию наиболее серьезной опасностью, которая грозит человечеству в современных условиях культурно-исторического и технического развития” (К.Лоренц).

Инстинкты играют определяющую роль и в **психоанализе** З.Фрейда (1856-1939). Схема основателя **психоанализа** такова: сначала возник первобытный человек, затем культура как система запретов, которые сам же человек стремится нарушить, так как в основе его психической деятельности лежит сексуальное влечение и инстинкты. Лишения, вводимые культурными запретами, затрагивают всех, но страдающие от них импульсивные желания заново рождаются с каждым ребенком и проявляются в невротиках. Речь идет о желаниях инцеста (кровосмешения), каннибализма и т.п., которые подавляются, чтобы преодолеть опасность всеобщего самоистребления.

Совокупность инстинктивных влечений Фрейд называет Оно и отличает от него Я – сознание, оитделившееся от Оно в процессе эволюции с целью адаптации к внешней среде, и сверх-Я – совокупность норм и предписаний, выполняющих роль “цензуры” по отношению к Я. Под воздействием Сверх-Я происходит сублимация – трансформация эмоций, энергии инстинктов (прежде всего либидо – сексуального влечения) в социально приемлемые формы, например, творчество. При этом большое значение имеет вытеснение нежелательных представлений в подсознание. Поскольку они сохраняют всю свою энергию, они стремятся вернуться, но сознание оказывает сопротивление, и человек испытывает страх, чувство вины, муки совести. Стыд, отвращение, мораль удерживают желания в состоянии вытеснения. Появляется комплекс – подавленное эмоциональное содержание психики, которое вызывает постоянное психологическое раздражение.

Лечение в психоанализе основывается на том, что человек болен истерией или неврозом, потому что какие-то его, часто детские, представления, вытесненные Сверх-Я в подсознание, пытаются, но безуспешно, пробиться в сознание. Выявить эти вытесненные представления пытается **психоанализ**. Если вспомнить, при каких условиях симптомы болезни появились впервые, больному становится легче. Рассказав о психической травме, он излечивается.

Фрейд доказал, что для человека недостаточно только социальных контактов, а их исчезновение (особенно “потеря любви”) относится к числу факторов, благоприятствующих агрессии, что подтверждено этологией. В то же время он полагал, что в человеке действуют две основные силы (аналогично физическим силам притяжения и отталкивания) – воля к жизни и воля к смерти. С этим не согласился К.Лоренц. Для него инстинкта смерти не может, потому что он небиологичен, а то, что так интерпретируется, лишь искажение инстинкта агрессии. Возможно, разногласие между Фрейдом и Лоренцем разрешается таким образом, что инстинкт смерти существует только у человека, поскольку он сознает свою смертность. Это подтверждает и то, что только человек хоронит своих сородичей.

Психоанализ близок к естествознанию, поскольку основывается на приоритете естественных, а не культурных феноменов, связывая вторые с первыми. Естественнаучное значение **психоанализа** заключается в попытке объяснения деятельности сознания особенностями функционирования бессознательного и сведения последнего к немногим основным инстинктам.

Схожую аргументацию можно привести и в пользу естественнаучности **этнологии**. Поскольку многие различия между людьми – национальные, расовые, половые – являются естественными, постольку общественные объединения по этим признакам можно рассматривать с естественнаучной точки зрения. Этнос (народ) в отличие, скажем, от используемого в гуманитарных науках понятия нации, представляет собой объединение людей, главным образом, по кровному (естественному) признаку.

Наиболее видным представителем **этнологии** является русский ученый Л.Н.Гумилев (1912-1995). По Гумилеву каждому этносу можно сопоставить некую характеристику – пассионарность. Она определяет “энергетику” данного народа в данный момент времени, т.е. способность его совершать некоторые коллективные действия (завоевания, преобразование государства и другие общенациональные задачи). Мерой для этой характеристики (своеобразным эталоном) служат деяния наиболее активных представителей этносов – пассионариев. Они ведут за собой людей и, как говорится, всегда на виду (это полководцы, реформаторы, революционеры и т.д.).

Все этносы в своем развитии от рождения до смерти проходят одинаковые фазы: 1) подъема – завоевательной эпохи; 2) надлома; 3) перехода в нормальное состояние –

инерционной фазы; 4) обскурации – фазы “затухающих колебаний”. Основной лозунг фазы подъема – “интересы этноса превыше всего”. Главное перед индивидуумом – долг перед обществом. Часты войны; ведется интенсивное преобразование природы. В вершинной фазе этнос достигает своей высшей точки. В инерционной определяющим уже становится лозунг “будь самим собой”, процветает индивидуализм; льется кровь, но культура развивается, и в ней каждый проявляет свою индивидуальность; растраниваются богатства и слава, накопленные предками; природа приходит в стабильное состояние в пассионарных странах, но разрушается в странах захваченных. Лозунг фазы обскурации – “будь, как все”, “мы устали от великих”. Возрастная болезнь – убийство лучших по личным качествам. Каждый думает о себе. Продолжается рост культуры и накопление материальных ценностей. Природа или конскривируется или деградирует (в этом случае этнос гибнет). В конце развития этноса – забвение прошлого и настоящего ради будущего, приводящее к губительным восстаниям и крушению. Гибель в среднем через 1200 лет настигает этнос под слиянием собственного разложения или нашествия других более молодых и энергичных этносов. Последние стадии – мемориальная (остается только память как совокупность того, что было познано) и реликтовая (память исчезает). Если, однако, внутри этноса в фазе обскурации сохранятся жизнеспособные силы, то при определенных обстоятельствах они могут возродить “погибший” народ и далее он снова последовательно переживет все стадии своего развития.

Свою теорию Л.Н.Гумилев применил для описания истории нескольких десятков этносов. С точки зрения естествознания в этой концепции наиболее интригующим является выделение 12-векового периода в развитии народа от своего рождения до заката. Сам ученый склонен связывать этот факт с действием солнечного, а если шире, то космического, излучений, способных вызвать мутацию внутри этноса (рождение пассионария). Но это пока лишь достаточно смелая (и малообоснованная) догадка. А полное научное объяснение данного факта еще предстоит построить.

Фаза подъема современного русского народа по Гумилеву началась на рубеже XIII-XIV вв. – времени внутреннего вызревания и создания Московского царства, и сейчас он вступил на инерционный этап своего развития. А какова этническая история наших предков до прихода татар? А.А.Абрашкин в своей книге “Древние росы” (Изд-во Нижегородского Ун-та, 1997) выделил следующие основные периоды русской истории:

– сер. IV тыс. – XXII вв. до н.э. – приход части древних ариев с территории Русской равнины и междуречья Дуная и Днестра в Средиземноморье. Они стали основателями египетского государства и принесли на берега Нила культ своего солнечного бога Яра (Ярилы), которого египтяне называли Ра;

– XXII в. до н.э. – X в. до н.э. – этот период охватывает время расцвета и гибели созданного предками русских на территории современных Турции, Сирии и Палестины государства Арцава (в Библии и в записях египтян его называют Русена, Русь, а в хеттских табличках Арзайя). Это страна (малоазийская Русь) была разрушена в ходе Троянской войны (XII в. до н.э.), а ее жители вынуждены были мигрировать в Поднепровье в обход Черного моря (знаменитая Троянова тропа, упоминаемая в “Слове о полку Игореве”);

– X в. до н.э. – II в. н.э. – в это время “осколки” народа Арцавы под именем “венетов” или “ванов” (т.е. Иванов!) обнаруживаются в самых разных уголках Европы: на севере Франции в Бретани, на побережье Балтики, на Армянском нагорье (Ванское царство), на северо-западном побережье Адриатического моря и в Поднепровье. Впоследствии потомки адриатических венетов пришли на Русь в числе славян (VI в.), а балтийские известны летописцам как варяги-русь (VIII-IX вв.);

– III – XIV вв. – “Киевская” Русь, создатели которой венеты (анты) упоминаются историками как “народ росов”.

В данной периодизации совершенно явственно (и в высшей степени неожиданно для самого ее автора!) прослеживаются 12-вековые периоды эволюционного развития русского этноса. И это еще один (независимый) аргумент в пользу гумилевской теории.

6.3. Человек и Космос

Человек является частью живого вещества планеты. Как и другие живые существа, он подвержен действию космических энергий и солнечной радиации и “подстраивается” к ритмам биосферы, прежде всего, к суточным (циркадным) и сезонным, связанным со сменой времен года.

Около сорока процессов в человеческом организме (в частности, обмен веществ) протекает в циркадном ритме. На протяжении суток циклично колеблется содержание гемоглобина в крови, максимум его приходится на 11-13 часов, а минимум – на 16-18. Суточным колебаниям подвержено содержание в крови калия, магния, натрия, кальция, железа. Ночью повышается количество солей магния, а в мозговой жидкости – количество солей калия. Оба эти соединения гасят нервно-мышечную возбудимость. По суточному графику работает вегетативная нервная система. Статистика утверждает, что даже рождение и смерть чаще случаются в темную часть суток, около полуночи.

Вся живая природа чутко реагирует на сезонные изменения окружающей температуры, интенсивность солнечного излучения – весной природа обновляется, осенью – умирает: в это время замедляются обменные процессы, многие животные впадают в спячку и т.д. Человек не является исключением. Например, на протяжении года у него меняется состав клеток тканей, причем, его колебания различны для разных климатических поясов.

На жизнедеятельность человека оказывают влияние и циклы солнечной активности. Так, обработав материал по вспышкам возвратного тифа и холеры в России и данные по активности Солнца, А.Л.Чижевский (1897-1964) пришел к выводу, что эти земные явления происходят синхронно с изменениями интенсивности его излучения. То, что состояние солнечной активности небезразлично для жизни на Земле, показывает и увеличение числа случаев заражения чесоткой в 1968 году и неожиданно подскочившее число заболеваний клещевым энцефалитом и туляремией на вершине максимума векового цикла солнечной активности в 1957 году (несмотря на проводившуюся, как и в прошлые годы, вакцинацию населения). Здесь явно обнаруживается взаимосвязь человека с растительным и животным миром, в котором все жизненные циклы: заболевания, массовые перекочевки, периоды бурного размножения млекопитающих, насекомых, вирусов – протекают синхронно с одиннадцатилетними циклами солнечной активности, как и чередование грозовой и спокойной летней погоды, колебаний урожая и т.д.

Приведенные факты позволяют говорить о влиянии космоса на физиологические процессы в отдельном человеческом организме. Но человек является частью человечества, общественного образования, которое также подвержено воздействию Солнца. А.Л.Чижевский попытался установить взаимосвязь одиннадцатилетних солнечных циклов с насыщенностью событиями разных периодов истории. Как оказалось, максимумы общественной и солнечной активности совпадают.

Представления о связи биосферы и космоса, человека и космоса стали важной частью современного научного мировоззрения, характерной чертой современной науки.

Эти взгляды принято называть космизмом. Космизм никогда не был только философской или естественнонаучной школой. Его можно определить как своеобразную направленность мышления, умонастроение, в атмосфере которого формировались новые подходы к выработке целостной концепции мироздания, представления об органическом единстве всего мира и его теснейшей связи со Вселенной. с космосом. Понимаемый таким образом космизм был изначально присущ культурному самосознанию человечества – мифологическое сознание наших предков полностью основывалось на парадигме космизма. Об этом свидетельствуют их интуитивные представления о тесной связи мира и человека, оживотворение мира, а также попытки обнаружить за природными стихиями некие всеобщие законы, гармонизирующие эти отношения, что отразилось в космологических мифах разных народов. Затем господствовала платоническая картина мира на основе признания первичности мира идей, имманентного материальному бытию. Периодически космизм также “оживал” в христианизированном платонизме, в натурфилософских разработках Возрождения.

Серьезнейший кризис космизм пережил в Новое время с развитием науки, схематизировавшей реальность и предавшей забвению идеи целостного знания. И, хотя в естествознании Нового времени периодически возрождалась идея единства мира, человека и космоса (Д.Бруно, Г.Галилей, Н.Коперник и др.), они не могли переломить господствующих тенденций развития европейской науки, ее стремления к строгому рационализму и аналитизму. Лишь во второй половине XIX в. европейская наука и философия стали демонстрировать стремление к синтезу знаний.

Совершенно необыкновенный резонанс идеи космизма нашли в России. В трудах В.В.Докучаева, В.И.Вернадского, К.Э.Циолковского, Н.Ф.Федорова, В.С.Соловьева, Н.А.Морозова, А.В.Сухова-Кобылина, В.С.Соловьева, А.Л.Чижевского, С.П.Королева, Л.Н.Гумилева и др. обосновывалась зависимость космоса и разума, доказывалась необходимость объединения людей не на основе социально-политических или идеологических теорий, а на базе экологических идей. Мы не можем говорить о космизме как о чисто русском явлении, но если в Европе он был связан с отдельными яркими мыслителями, то в России он стал целым пластом культуры. Главным результатом деятельности русских космистов стало создание такой культурной ситуации, в которой стала возможна смена парадигм в науке, перестройка научно-познавательных установок ученого, имеющего дело отныне не с природой в ее первозданной чистоте, а с природой, измененной деятельностью человека. Отсюда новое понимание места и роли человека в мире. Отныне он стал пониматься как вершина развития материи на Земле, в Солнечной системе, а, может быть, и во Вселенной. Он становится силой, способной преобразовывать природу в космических масштабах.

Идеи космизма постепенно поставили ученых перед вопросом: почему наша Вселенная такова, какая она есть? Более строго этот вопрос звучит так: почему физические постоянные (скорость света, заряд электрона и т.д.) имеют такие, а не иные значения, и что случилось бы со Вселенной, будь они другими? Правомерность этого вопроса определяется тем, что численные значения физических постоянных никак не обоснованы, они получены экспериментально и независимо друг от друга.

В ходе расчетов ученые обнаружили, что достаточно совсем небольших, в пределах 10-30 процентов, отклонений значений постоянных в ту или другую сторону – и наш мир окажется настолько упрощенной системой, что ни о каком направленном ее развитии не сможет быть и речи. Не смогут существовать основные устойчивые состояния – ядра, атомы, звезды и галактики. Например, увеличение постоянной Планка более чем на 15 процентов лишает протон возможности объединяться с нейтроном, то есть делает

невозможным протекание нуклеосинтеза. Тот же результат получается, если увеличить массу протона на 30 процентов. Изменение значений этих физических постоянных в меньшую сторону открыло бы возможность образования устойчивого ядра гелия, следствием чего явилось бы выгорание всего водорода на ранних стадиях расширения Вселенной. Приходится признать, что существуют очень узкие “ворота” подходящих значений физических постоянных, в границах которых возможно существование знакомой нам Вселенной.

Но на этом не заканчиваются “случайные” совпадения. Напомним некоторые из них. Небольшая асимметрия между веществом и антивеществом позволила на ранней стадии образоваться барионной Вселенной, без чего она выродилась бы в фотонно-лептонную пустыню; остановка первичного нуклеосинтеза на стадии образования ядер гелия, благодаря чему смогла возникнуть водородно-гелиевая Вселенная; наличие у ядра углерода возбужденного электронного уровня с энергией, почти точно равной суммарной энергии трех ядер гелия, открыло возможность для протекания звездного нуклеосинтеза, в ходе которого образовались все элементы таблицы Менделеева, более тяжелые, чем водород и гелий; расположение энергетических уровней у ядра кислорода опять же случайно оказалось таким, что не позволяет в процессах звездного нуклеосинтеза превратиться всем ядрам углерода в кислород, а ведь углерод – это основа органических превращений на пути к зарождению жизни. Таким образом, наука столкнулась с большой группой фактов, раздельное рассмотрение которых создает впечатление о необъяснимых случайных совпадениях, граничащих с чудом. Вероятность каждого подобного совпадения очень мала, а уж совместное существование и вовсе невероятно. Тогда вполне обоснованной представляется постановка вопроса о существовании пока не познанных закономерностей, со следствиями которых мы столкнулись, способных организовать Вселенную определенным образом.

Итак, наличие “тонкой подстройки” наряду с законами природы определяют устройство нашего мира. В ходе его развития образуются структурные элементы нарастающей сложности, а на одном из этапов развития появляется “наблюдатель”, способный обнаружить существование такой подстройки и задуматься о породивших ее причинах. В такой ситуации в настоящее время широко обсуждается **антропный принцип**. В 70-е годы его в двух вариантах сформулировал англичанин Картер. Первый из вариантов получил наименование **слабого антропного принципа**: То, что мы предполагаем наблюдать, должно удовлетворять условиям, необходимым для присутствия человека в качестве наблюдателя”. Второй вариант был назван **сильным антропным принципом**: “Вселенная должна быть такой, чтобы в ней на некоторой ступени эволюции мог существовать наблюдатель”.

Слабый антропный принцип интерпретируется так, что в ходе эволюции Вселенной могли существовать самые разные условия, но человек-наблюдатель видит мир только на том этапе, на котором реализовались условия, необходимые для его существования. Понятно, что человек не мог наблюдать их, так как физические условия тогда не обеспечивали его появления. Но, с другой стороны, все эти стадии могли протекать только в мире, где существовала “тонкая подстройка”. Поэтому сам факт появления человека уже предопределяет то, что он должен увидеть: и современную Вселенную, и “тонкую подстройку”. Короче говоря, раз человек есть, то он увидит вполне определенным образом устроенный мир, ибо ничего иного ему увидеть не дано.

Более серьезное содержание заложено в сильном антропном принципе. По существу речь идет о случайном или закономерном происхождении “тонкой подстройки”. Признание закономерного устройства Вселенной влечет за собой признание принципа,

организующего ее. Если же считать “тонкую подстройку” случайной, то приходится постулировать множественное рождение вселенных, в каждой из которых реализуются случайные значения физических постоянных. В какой-то из них случайно может возникнуть “тонкая подстройка”, но вероятность этого крайне мала. Если же мы признаем “тонкую подстройку” изначально заложенной во Вселенной, то линия ее последующего развития предопределена, а появление наблюдателя на соответствующем этапе неизбежно. Из этого следует, что в родившейся Вселенной было потенциально заложено ее будущее, а процесс развития приобретает целенаправленный характер. Появление разума не только заранее “запланировано”, но и имеет определенное предназначение, которое выявится в последующем...