

ГЛАВА 1. ИСТОКИ КОНЦЕПЦИИ АТОМИЗМА

Основное содержание главы

Поиск первооснов, фундаментальных частиц материи, из которых построен мир, определение их состава и способов взаимодействия между собой – одна из задач естествознания. Это проблема, очевидно, мировоззренческая. При ее решении были созданы (разработаны) основные методы науки: логический анализ, построение систем из различных элементов, классификация, аналогия и др.

1.1. Деистические концепции сотворения мира

Общей целью естествознания является создание научной картины мира, показывающей единство и целостность человека и окружающего его мира. Научная картина мира чрезвычайно важна для формирования мировоззрения человека. Однако, она является только одной из составляющих личностной общей картины мира. Другими компонентами служат религиозная картина мира и метафизическая картина мира. В целом, несколько упрощая, можно полагать, что общая картина мира включает в себя религиозно-нравственный компонент, систематизированное научное знание и фантастические образы мифов. Такое наложение отражает историческую связь различных картин мира в естествознании (рис. 5).



Рис. 5. Художественные иллюстрации, созданные в разные века и показывающие историческую смену мифологической картины мира на религиозную и механистическую (Солнечная система Коперника)

Можно представить (рис. 6) следующую схему связей различных компонентов (образов мира) в сознании отдельного человека.

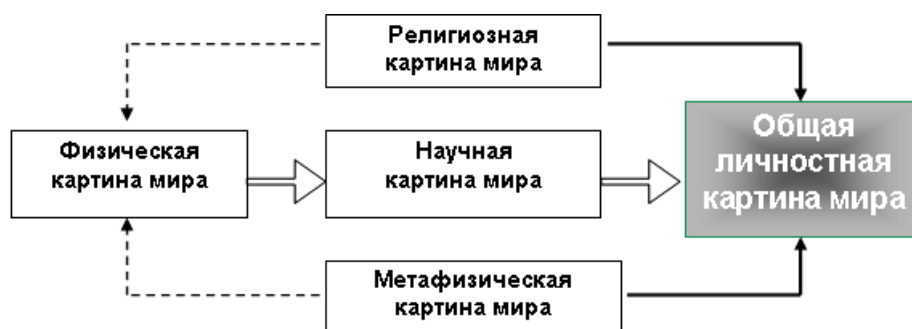


Рис. 6. Взаимосвязь различных картин мира в сознании человека

Религиозная картина мира является самой древней (основные мировые религии существуют в течение тысячелетий) и наиболее догматической, неизменной. В свое время она отвечала потребностям человека в объяснении устройства окружающей человека природы, ее происхождения и появления самого человека. Основанием религиозной картины мира является вера в Творца, обладающего могуществом, достаточным для сотворения мира.

Физическая картина мира традиционно ограничивается рамками неживой природы. Первой механистической картиной мира можно считать модель устройства Вселенной, центрированной вокруг Земли, – систему Птолемея. Она просуществовала в течение нескольких тысячелетий, пока не была отвергнута моделью солнечной системы, обоснованной Коперником. Физическая картина мира, в отличие от религиозной, изменяется с развитием научных знаний (механистическая картина мира – электромагнитная – квантово-релятивистская). На ее базе строится более общая научная картина мира, включающая в себя также знания о живой природе и внутреннем мире человека.

Физическая картина мира формируется изначально в рамках религиозной (см. пунктирную стрелку на рис. 6). Определенными стимулами для ее формирования стали такие, например, вопросы, как датировка начала сотворения мира или того, чем Бог «занимался» до сотворения им нашего мира.

Отвечая на первый из них, епископ Джеймс Ашер (1650 г.) просуммировал сроки жизни всех поколений, упомянутых в Библии (кто кому предшествовал и сколько лет жил). По его расчетам акт сотворения приходится (в современном летоисчислении) на ночь 23 октября 4004 г. до рождества Христова. В связи с этими изысканиями заметим, что много позднее Исаак Ньютон (правильнее сейчас было бы произнести Айзек Ньютон) попытался в подобной же манере проанализировать пророчества о наступлении Апокалипсиса и определить примерную дату конца света. По его расчетам он должен был бы наступить в 2060 г. по современному календарю.

Архиепископ Кентерберийский, отвечая на вопрос «Чем Бог занимался до сотворения мира?», пошутил, сказав, что Он готовил Ад для тех, кто подобные вопросы станет задавать.



Рис.7. Фреска с изображением
Августина Аврелия

Более серьезный анализ этой проблемы дал Августин Аврелий (позднее называемый Августином Блаженным). Вывод его был таков: *Время есть неотъемлемое свойство мира и возникает вместе с ним.* Поэтому вопрос о том, что было до возникновения времени, какого-либо смысла не имеет. Этот вывод остается справедливым и для современного естествознания, он применяется теперь по отношению к вопросу «Что было до возникновения Все-

ленной?».

В начале процесса формирования физической картины мира религиозным долгом ученого было узнать замысел Творца, поскольку существовала вера в возможность такого познания (в человеке есть частица Бога). Позднее, кроме задачи познания плана устройства вещей и мира в целом, перед учеными встала и задача его преобразования. Философ Вольтер так сформулировал обращение ученого к Богу:

*Ваш мир, хоть он и блещет красотой,
Но, коль угодно Вам, слеплю и я такой.
Материи кусок и я, сомнений нет,
Создам стихии все, животных, вихри, свет.
Узнать бы только мне движения закон!*

Таким образом, постепенно задачей науки становится не служение религии, а независимый от нее поиск законов движения материи.

Метафизическая картина мира базируется на суевериях, искаженной вере в возможности таких методов познания природы и воздействия на человека, как медитация, экстрасенсорное восприятие, магические знаки и заговоры, талисманы, пантакли, телепатия, телекинез и тому подобное. Толкование снов, астрологические предсказания, хиромантия и приметы – все это можно найти в программах телевидения и на страницах популярных газет и журналов. Не замечать наличия этих областей человеческой культуры и их взаимодействия с естествознанием невозможно. Наоборот, следует выделить те ценные рациональные идеи, которые имеются в этих областях и которые оказали позитивное влияние на развитие науки.

Согласно Торе, Библии и Корану, в процессе творения мира происходит его структурирование из первоначальной неорганизованности, хаоса. Первое разделение бинарно-противоположно: верх и низ. *«И отделил Он Верх от Низа»*. Следующей «командой на управление» является *«Да будет свет. И стал Свет»*. Свет-Огонь выжигает часть Воды и появляется Твердь-Суша (или земля, в узком смысле слова). Затем в действие вступает Божественное Провидение, которое определяет эволюцию созданного мира. Организуются небесные сферы звезд и планет. Их роль – нести Провидение на землю и воду, быть мерилем времени и источником света. В небе появляются птицы, в воде – рыбы, на суше – звери.

«И увидел Он, что это хорошо». Есть структурированный мир – земной рай, но нет субъекта, который мог бы оценить красоту и совершенство созданного, оценить роль Творца и возблагодарить Его.

Тогда из земного вещества – праха (глины?) – Бог создает *«по подобию своему»* первочеловека Адама и передает ему часть своего Святого Духа в виде Разума. Так появляется субъект наблюдения мира и действия в нем. Затем производится еще одно разделение – на мужчину и женщину, на Адама и Еву, и начинается процесс размножения человека на Земле.

Приведенная нами интерпретация событий, описанных в «Книге бытия» Моисея, очевидно схематична. О цели же создания человека Творцом мы можем судить на основании высказываний реформатора церкви Мартина Лютера. В частности, он писал:



Рис. 8. Троица христианства

...Он произвел весь род человеческий дабы они искали Бога... Он желает быть признанным...

Третья составляющая (ипостась Бог-Сын) необходима для того, чтобы научить ставшее многочисленным население Земли нормам морали.

Упомянутые в Библии слова о подобии Адама (следовательно и всех потомков) его Творцу дают основание изображать в христианстве на иконах и в художественных иллюстрациях Бога с человеческим лицом, а иногда и фигурой (рис. 8). В то же время, в отличие от «слепка», Бог имеет несколько ипостасей (Бог-Отец, Бог-Сын и Святой Дух). Таким образом, подобие оказывается весьма неполным, скорее аллегорическим, имеющим переносный смысл.

Идея триады встречается и в других, не христианских, религиях древних цивилизаций. В некоторых из них верховный бог объединяет в себе три ипостаси – отдельные соподчиненные божества, которые имеют свои полномочия, три функции творения, хранения, разрушения (табл. 1).

Таблица 1

Тройки богов различных религий

Страна	Боги		
	созидания	существования	разрушения
Египет	Аммон	Фта	Озирис
Персия (Бактриана)	Зеруане	Ормузд	Ариман
Индия	Мана	Буди	Кали

Первые в триадах – это боги созидания мира, вторые – управления им и третьи – боги разрушения, с которыми ассоциируется зло, поскольку в ряде случаев такие боги требуют человеческих жертвоприношений.

В массовой культуре современности встречается использование символики древних цивилизаций и мистических заклинаний, обращенных к божествам разрушения. Нам же важно подчеркнуть, что уже в древних религиях мы находим свидетельства понимания человеком того обстоятельства, что *разрушение и возврат в Хаос* есть необходимый и существенный принцип мироустройства (разрушение во имя будущего созидания). Можно сказать, что опыт человечества, отраженный в истоках науки – религии, утверждает существование как борьбу противоположных тенденций. Первая – это стремление к организации, другая же – к деструкции.



Обратим внимание на следующие моменты деистической концепции сотворения мира, имеющие ценностный аспект.

Во-первых, здесь неявно полагается, что в Хаосе *потенциально* содержались все образованные в процессе творения структуры. Иначе говоря, хаос можно определить как непроявленный до поры до времени порядок.

Во-вторых, общее начало подразумевает единство и взаимосвязь созданного мира. Человек в нем сотворен из того же материала, что и окружающий его мир.

В-третьих, переданная человеку частица божественной сущности (Святого Духа) дает основание, веру в возможность познания человеком замысла Творца.

Эти идеи единства и взаимосвязи мира, содержательной сущности хаоса, единства структурирования и распада, возможности познания окружающего мира человеком остаются основополагающими идеями и в современном научном естествознании.

1.2. Античные концепции элементарей окружающего мира

Элементали – это наименьшие структурные части, из которых строятся более крупные блоки вещества.

Окружающий человека мир необычайно разнообразен. Многообразие форм окружающего мира, воспринимаемое чувствами человека, античные философы считали фактором, который мешает разуму определить внутреннюю суть вещей. Считалось, что настоящий философ должен отстраниться, мы теперь говорим – абстрагироваться, от различия чувственно воспринимаемых форм и разумом (мысленными усилиями) постичь общее начало в многообразии.

Античный основатель риторики Цицерон сообщает легенду о том, что Демокрит будто бы лишил себя зрения, так как полагал, что «размышление и соображение ума при созерцании и уразумевании природы будет живее, когда освободится от развлечения зрения и препятствия глаз» [1].

Наглядная демонстрация (например, равенство двух половин круга на рисунке при сгибании папируса) как доказательство отвергалась, главным считалось доказательство рассуждением. Можно сказать, что первые греческие философы, так называемой Милетской школы, напряженно искали *теоретическую* первооснову мира, подтверждающую единство всей природы [1].

1. Фалес из Милета (640–562 гг. до н. э.) считал, что первоосновой всего является вода, из нее образуются все вещи.

2. Анаксимандр из Милета (611–546) учил, что в основе всего сущего лежит не вода, а некая первома́терия, которую он назвал «апейрон» (позднее – эфир).

3. Анаксимен (585–524), их земляк, считал, что началом всего является воздух, из которого все возникает и движением которого образуются все явления в природе.

4. Гераклит из Эфеса (540–480) учил, что основой всего является огонь как некое реальное вещество.

5. Пифагор с Самоса (571–497) считал, что в основе всего существующего лежит число и простые геометрические формы: куб, октаэдр, тетраэдр, додекаэдр и икосаэдр.

6. Согласно воззрениям Эмпедокла из Акраганта (495–435) в основе всего существующего лежат четыре элемента, или «корня»: земля, вода, воздух и огонь.

7. Анаксагор (500–428), родом из Афин, полагал, что каждая вещь состоит из мельчайших, невидимых глазу материальных частиц, подобных самой вещи. Эти частицы он называл гомемериями. Например, кровь состоит из мельчайших частиц крови, кость – из мельчайших частиц кости, причем эти частицы бесконечно делимы [1].

8. Платон (427–347) приписывает геометрические формы различным первоэлементам: земля – куб, огонь – тетраэдр, вода – икосаэдр и воздух – октаэдр.

Можно увидеть, что и здесь в поиске первооснов оказывала свое влияние религиозная мифология античной Греции, в основе которой лежал пантеон богов времени, воды, воздуха, земли, а также восточный культ огня – Солнца.

На основе идей Эмпедокла и других предшественников Аристотель (384–322 гг. до н. э.) построил свою систему элементов и качеств. Эфир он отнес к области космоса, остальные элементы – к области Земли.

Природа вещей, по Аристотелю, включает четыре элемента, которые он приводит в виде креста противоположностей (рис. 9).

При этом Земля и Вода, как элементы тяжелые, обладают стремлением падать вниз, а Огонь и Воздух стремятся вверх. Взаимодействие элементов, их смешивание (на современном языке – суперпозиция), создает свойства (качества) всех материальных вещей. Качества тоже могут быть противоположными: Сухость и Влажность, Влажность холодная и горячая, и т. д. (рис. 9).

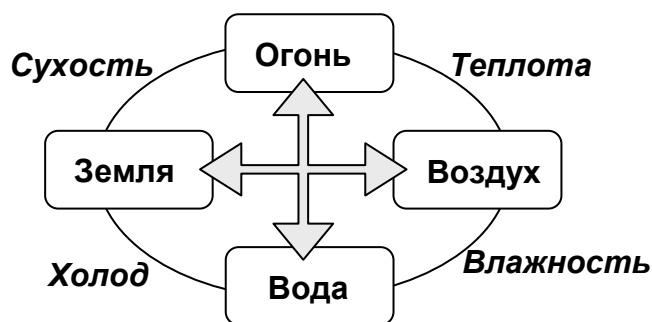


Рис. 9. Система элементов и качеств по Аристотелю

В логике Аристотеля бинарными противоположностями (альтернативами) являются истина и ложь. «Третьего – не дано».

Принцип исключения третьего способствовал развитию логики и оказал большое влияние на смежные области. Однако привычка ожидать в окружающем мире только бинарные противоположности приводила физиков к многолетним спорам по поводу того, например, является ли свет потоком частиц (Ньютон) или последовательностью волн (Гюйгенс). Казалось очевидным, что одно из двух утверждений является ложным. (Заметим, в скобках, что принцип дополнительности современного естествознания позволяет согласовать эти альтернативные утверждения введением экспериментальных условий для наблюдения *порознь* данных свойств света).

Подход Аристотеля к систематизации элементов и качеств позднее был использован в астрологии. Здесь основой является система из трех крестов противоположностей (рис. 10).

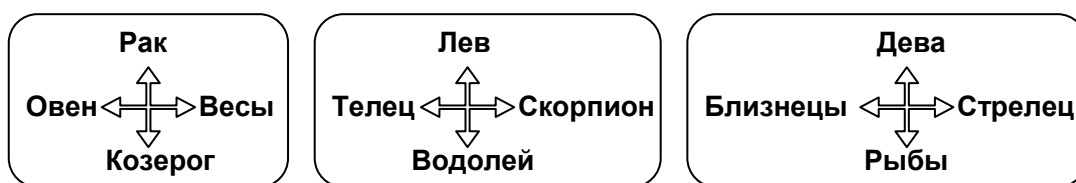


Рис. 10. Разделение знаков Зодиака по противоположностям

Кроме того, зодиакальные созвездия группируются в тригоны, связанные с первоэлементами (рис. 11):



Рис. 11. Зодиакальные тригоны

Тригонам сопоставляются определенные свойства и качества первоэлементов; считается разумным полагать, что этими свойствами будут обладать и люди, рожденные под соответствующими знаками Зодиака.

Например, Огонь – это индивидуальность, целеустремленность, стремление оказывать влияние, мышление импульсивное.

Вода – способность принимать заданные условия, восприимчивость, стремление к комфорту и эмоциональной гармонии, мышление образное.

Воздух – способность охватывать все пространство, умение заниматься несколькими делами сразу, мышление подвижное, но легкое, сиюминутное.

Земля – устойчивость, инертность, стремление к четким формам, к расписаниям и планам, отсутствие гибкости при повышенной надежности, мышление практическое, логическое и рациональное.

Астрология входит в систему метафизической картины мира. Она не противоречит догматам христианства и в свое время признавалась учеными. Ньютон и Коперник были весьма образованными людьми своего времени, верующими и не чурающимися астрологии. Они принимали идею мгновенного воздействия звезд на человека и на весь мир, как механизма исполнения воли Всевышнего. Поэтому они не сомневались в том, что время едино для всего пространства Вселенной. Как бы далеко ни находились объекты, *при бесконечно большой скорости передачи воздействия между ними запаздывания не будет.*

Следует заметить, что сходные идеи о первичных элементах мироустройства разрабатывались и в Индии. Примерно 2700 лет назад религиозный мыслитель Канада выделял субстанции и категории (табл. 2) [9].

Таблица 2

Перечень категорий и субстанций

Субстанции		Категории
материальные	не материальные	
Земля	Время	Качество
Вода	Пространство	Различие
Воздух	Сознание	Общность
Свет	Душа	Действие,
Эфир		Взаимосвязь

В учении также постулировалось наличие наименьших частиц вещей. Человеческий глаз может еще различить пылинку в луче солнечного света. Канада считал, что это уже близко к пределу: в пылинке содержатся шесть еще меньших, но уже предельных частей.

Какую ценность представляют изложенные выше исторические факты для современного естествознания?

Оставим в стороне вопрос о том, насколько соответствуют описанные положения действительности. Ценность приведенных описаний в другом – в процессе развития преднаучных представлений о мире отрабатываются элементы научной методологии! Развиваются такие методы, как абстрагирование, систематизация, логические рассуждения, сравнение по аналогии и в противопоставлении, классификация по определенным признакам – критериям. Все то, что впоследствии вошло в арсенал естествознания и других наук.

В частности, в трудах Аристотеля закладывается понимание системы как совокупности отдельных элементов, оказывающих влияние друг на друга и приводящих во взаимосвязи к появлению новых свойств, которых не было у разрозненных компонентов (см. рис. 9). Предсказание характера человека по знакам Зодиака производится по методу аналогии, поиск «корней мироздания» сродни современному поиску элементарных частиц на введенном в строй в 2008 г. ускорителе протонов и антипротонов – так называемом адронном коллайдере в CERN (Европейском центре ядерных исследований). Гомеомерии Анаксагора явились гениальной догадкой о фрактальности природы (самоподобии при изменении масштаба), открытой только в XX в.

1.3. Концепции классического атомизма

1.3.1. Атомизм античности

Греческий философ Демокрит из Абдер (460–370 гг. до н. э.) является автором понятия «атом». Его основной известный нам труд называется «Малый диакосмос». В нем он утверждал:

Начало Вселенной – атомы и пустота, все же остальное существует лишь во мнении. Мир бесчисленное множество и они имеют начало и конец во времени. Атомы бесчисленны по величине и множеству, носятся же они во вселенной кружась в вихре. И таким образом рождается все сложное: Огонь, Вода, Воздух и Земля. Последние есть (суть) соединения некоторых атомов. Сами атомы не поддаются никакому воздействию и неизменяемы вследствие твердости.

С Демокритом связана одна из нескольких известных легенд о яблоке. Разрезая яблоко, Демокрит задумался о проблеме делимости тел: вот половина, половина половины и т. д. Где же кончается яблоко? Есть ли, в принципе, предел процессу дихотомии (процессу деления на две равные части)? Как видно из приведенной выше цитаты, Демокрит пришел к убеждению о наличии предела делимости тел. Атомы – это наименьшие, более «неразрезаемые» (вследствие «твердости») части любых сложных по составу и форме тел.

Логическое обоснование необходимости предела уменьшения частей тел много позднее дал римский поэт и философ Тит Лукреций Кар (99–55 гг. до н. э.) в своем пересказе идей Демокрита. Можно процитировать отрывок из его труда «De Rerum Natura».

*Если не будет затем ничего наименьшего, будет
Из бесконечных частей состоять и мельчайшее тело:
У половинки найдется всегда и своя половина.
И для деленья нигде не окажется вовсе предела.*

Чем отличишь ты тогда наименьшую часть от Вселенной?

Этот вопрос является базовым, фундаментальным и для современного естествознания. В античности решение проблемы могло быть только логическое. Предел нужен, чтобы отличить наименьшую часть от Вселенной. Иначе возникает ситуация «дурной бесконечности» в любом из масштабных уровней.

Кроме логических доводов, Тит Лукреций Кар приводит и ряд наглядных свидетельств о наличии невидимых мельчайших частиц. Влажная одежда высыхает возле огня; ветер невидим, но воздействует на поверхность моря, вызывая волны. Запахи и звуки, холод и тепло человек чувствует, но не видит, и ряд других аргументов. Главный вывод, к которому приходит философ, таков:

*...Это все обладает, однако телесной природой,
Если способно оно приводить наши чувства в движенье.
Ведь осязать, как и быть осязаемым, тело лишь может.*

Иначе говоря, признается материальность и реальность невидимых частиц – атомов.

Приведем основные положения атомистики Демокрита и его последователя Левкипа [1].

1. Атомы так малы, что невидимы, но имеют конечные размеры. Поэтому мысленно можно представить более мелкие части атомов (например выступы и впадины). Допущение этих простейших деталей необходимо потому, что иначе атомы превратились бы в неделимые точки, не имеющие размеров, и тогда из их соединения не возникли бы тела физического (реального) мира.
2. Атомы непроницаемы друг для друга, но они разнообразны по форме, что позволяет им соединяться (зацепляться выступами и впадинами). Видимые физические тела различаются по количеству атомов, по геометрической форме отдельных атомов и по порядку сцепления атомов (следования друг за другом).
3. В противоположность гомеотриям Анаксагора (бесконечно делимым частям тел), все атомы Демокрита состоят из одинакового первовещества, твердость которого обусловлена отсутствием в нем пустоты. Отсутствие пустоты приводит к тому, что атомы неизменяемы, они не могут стать ни больше, ни меньше себя, не могут ни гибнуть, ни возникать, они вечны и неизменны.
4. В бесконечной Вселенной существует множество миров, миры разделены пустотой, рождаются из атомов и на атомы распадаются. Пустота существует вне связи с наличием или отсутствием

атомов. На расстоянии атомы не влияют друг на друга, при столкновениях возможны соединения или изменение движения атомов.

5. Случайности в мире нет, на все есть своя причина. Причинность (необходимость у Демокрита) вызывается вихревым движением атомов.
6. Душа человека также состоит из специфических атомов, самых мелких и круглых. Такие же атомы у огня. Движение атомов души производит все процессы жизнедеятельности человека.

Оценивая идеи атомизма Демокрита и Левкиппа с позиции сегодняшних знаний, мы отмечаем прежде всего единое теоретическое рассмотрение мира от мельчайших частиц до Вселенной, включая в картину мира человека. При этом признается материальная основа души человека (его сознания). Существенно также то, что многие положения атомизма античности признаются и современным естествознанием. Так, химические соединения различаются как составом атомов, так и структурой, то есть порядком соединения атомов. Атом имеет сердцевину – ядро атома, а электронная оболочка атомов имеет различную геометрическую форму. Вращательное движение (спин) присуще всем элементарным частицам. В химических реакциях атомы неделимы.

Но есть и отличия. Например, число типов атомов конечно, ограничено – таблица Менделеева включает две с небольшим сотни элементов. А движение атомов в пустоте (в газообразном состоянии) определяется случайными событиями и описывается статистическими законами.

Идеи античной атомистики, да и их поэтическое изложение были забыты в эпоху средневекового религиозного фанатизма. В эту эпоху церковь признавал лишь авторитет Аристотеля, что было определенным шагом назад в понимании устройства мира. Тем не менее, в это же время зарождается предшественница химии – алхимия.

1.3.2. Открытие атомов в химии

Безусловно, химия была и остается важной составной частью естествознания. Современные достижения молекулярной биохимии нуклеиновых кислот и белков будут рассматриваться в нашем курсе позднее. Сейчас же коснемся некоторых фактов ее начального периода, когда химия еще была в состоянии преднауки – алхимии.

В табл. 3 представлены семь планет, известных в то время, и их мистическое значение. Обратим внимание на идейную основу построения этой таблицы алхимиками. Как видно из табл. 3, с планетами сопоставлены растения, известные металлы, органы чувств человека, а также его добродетели и пороки. Фактически это означает, что неявно использу-

ется принцип единства и целостности мира: человек здесь связан с растительным царством, царством металлов, планетами и Солнцем.

Таблица 3

Планеты и связанные с ними свойства человека

Планета	Чувство	Дерево	Металл	Достоинства	Недостатки
Солнце	Понимание	Дуб	Золото	Вера	Гордыня
Луна	Зрение	Орех	Серебро	Надежда	Зависть
Меркурий	Речь	Олива	Ртуть	Щедрость	Скупость
Марс	Осязание	Терн	Железо	Сила	Гнев
Венера	Вкус	Мирт	Медь	Воздержание	Распутство
Юпитер	Обоняние	Береза	Олово	Справедливость	Обжорство
Сатурн	Слух	Сосна	Свинец	Благоразумие	Лень

Поскольку алхимические знания были окутаны мистикой и предназначались только посвященным, были введены особые знаки для обозначения планет и связанных с ними свойств. Таким образом оказались зафиксированными те первые химические элементы, которые были известны в определенную историческую эпоху. Иными словами, это была первая попытка создания той системы элементов, которую теперь мы знаем как таблицу Менделеева.

С развитием алхимии выяснилось, что первоэлементы Аристотеля являются на самом деле составными. Так, земля не является простым веществом, в составе земли находят драгоценные камни (алмаз, янтарь, хрусталь и т. д.), металлы (золото, медь, свинец и др.), другие вещества (уголь, сера, гипс и пр.). В воздухе так же обнаружены водород, кислород, азот. Поэтому пришлось изменить принцип обозначения элементов и использовать первые буквы латинского алфавита в их названиях Ag, Cu, Au и т. д.

Постепенно разрабатываются методы экспериментального исследования, в первую очередь – методы анализа: точное взвешивание, вытеснение газов в водной среде, осаждение, диспергирование, возгонка, амальгамирование и т. п. Алхимия была эмпирической, рецептурной преднаукой, но по мере развития методов исследований, способов измерений и записи формул реакций она переходит в новое качество количественной науки химии.

Количественная химия связана в первую очередь с именем французского ученого (иногда используют термин естествоиспытателя) Антуана де Лавуазье (1743–1794). Им была дана одна из первых таблиц известных химикам того времени простых веществ и сформулирован закон сохранения массы химических соединений, один из первых законов

сохранения в естествознании. В эпоху Французской революции он был обезглавлен, с примечанием в приговоре: «Республика не нуждается в ученых».

Позднее Жозеф Луи Пруст (1754–1826) установил закон постоянства состава соединений (независимость состава от пути химического синтеза):

Массы двух элементов, образующих соединение, находятся во вполне определённом целочисленном соотношении, характерном для реагирующих элементов и возникающих элементов.

Дж. Дальтон (1766–1814), пожалуй, первым сделал правильные выводы из этого закона. Смысл закона, по Дальтону, в том, что имеются некоторые минимальные количества веществ или элементов, меньше которых в природе не бывает.

Наименьшее количество простого вещества, сохраняющего свои специфические физические и химические свойства, получило название атома. Соединения, создаваемые атомами, стали называть молекулами.

Таким образом, уже не на умозрительной, а на опытной основе в естествознании пришли к идее, логически сформулированной еще за 2000 лет до Дальтона.

В 1811 г. Авогадро выказал гипотезу о равном количестве молекул (или атомов, если это простые вещества) в одинаковых объемах газов при одинаковых условиях. Это помогает определять содержание атомов в соединениях. Например, эксперимент показывает, что при образовании молекул воды на два объема водорода приходится один объем кислорода. Причем объем газа (пара) получаемой в реакции воды равен объему кислорода. Отсюда следует, что в каждой молекуле воды имеется один атом кислорода и два атома водорода.

Методом сравнения объёмов газов установлено количество атомов водорода (а потом и кислорода) в различных соединениях. Например, для водорода экспериментально установлены следующие соотношения газов:

хлористый водород – 22,4 л;

вода – 1/2 от 22,4 л;

этиловый спирт – 1/6 от 22,4 л.

Это означает, что в первом соединении содержится один атом водорода, во втором – два, так как требуется 1/2 объема, в третьем – шесть.

Стало возможным сравнение количеств и других элементов, вводится единица вещества *моль*. В конечном счете устанавливается значение числа Авогадро. Измерения толщины пленки масла на воде позволили оценить размеры молекул. Они оказались весьма малыми, порядка

10^{-9} м. Отдельные объекты таких размеров зрение человека различить не может.

Но не видимые глазом молекулы и атомы становятся, тем не менее, реальными объектами для естествознания. Оказываются известными численные значения массы атомов и молекул, их геометрические размеры и способность вступать в соединения (валентность).

Совместными усилиями физиков и химиков выявлены факторы, влияющие на реакционную способность веществ:

- концентрация (закон действующих масс);
- температура (правило Вант-Гоффа);
- энергия активации (энергетический барьер реакции);
- катализаторы;
- направленность к установлению равновесия (принцип Ле Шателье–Брауна).

Таким образом, мы можем говорить о двух способах открытия атомов:

- теоретическим методом логических рассуждений (качественного анализа) в античную эпоху;
- эмпирическим методом количественных измерений и постановки эксперимента в четко определенных условиях (естествознание Нового времени).

В дальнейшем развитии естествознания этот исторический ход событий открытия нового будет ускоряться, при сохранении единства теоретического и эмпирического методов исследования. Нет смысла спорить, какой из двух путей в науке важнее, они имеют свои области применения. Во многих случаях теоретический анализ опережает постановку экспериментов, как это случилось и с открытием атомов. Например, в современном естествознании кварки были сначала «открыты» в теоретических построениях и только затем в экспериментах. В наши дни ожидается проведение экспериментов на адронном коллайдере для поиска теоретически предсказанных бозонов Хигса и т. д. С другой стороны, развитие теории часто стимулируется открытием (иногда нечаянным) новых эффектов, например распада ядер атома (радиоактивности), открытия рентгеновских лучей или лучей Крукса (К-лучей).

1.4. Концепция атома как аналога планетарной системы

1.4.1. Проблема внутренней структуры атома

Эта проблема возникла после открытия ионов в химии и электрона в физике. Ионами, по определению, называют атомы, несущие положи-

тельный или отрицательный электрические заряды. Величину заряда количественно можно определить с помощью прибора Гофмана.

Кислород Водород

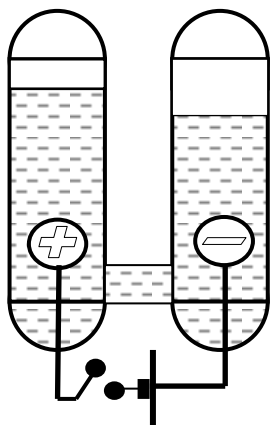


Рис. 12. Схема прибора Гофмана

пузырьки газа). В свою очередь, измерение количества заряда, протекающего по цепи, даст сумму зарядов нейтрализованных ионов. Из сопоставления данных находят величину электрического заряда одного иона водорода: $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Очевидно, что из нейтрального, в целом, атома водорода уходит к атому кислорода некая его часть, имеющая электрический заряд. Атом водорода становится положительно заряженным ионом, значит ушедшая часть атома имеет заряд отрицательный (в атоме водорода равные, положительный и отрицательный, заряды будут взаимно скомпенсированы до нуля). Заряды всех других ионов всегда кратны по абсолютной величине заряду иона водорода, и меньшего количества заряда не наблюдается. Это означает, что некие «элементали» электрического заряда входят в состав всех атомов.

Так возникает проблема состава и структуры атомов, считавшихся ранее неделимыми и не имеющими поэтому никаких составных элементов.

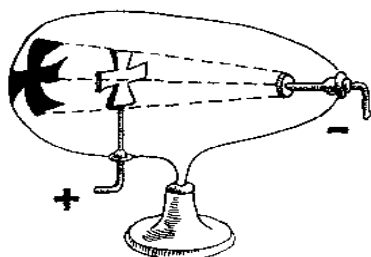


Рис. 13. Тень от К-лучей в трубке Крукса

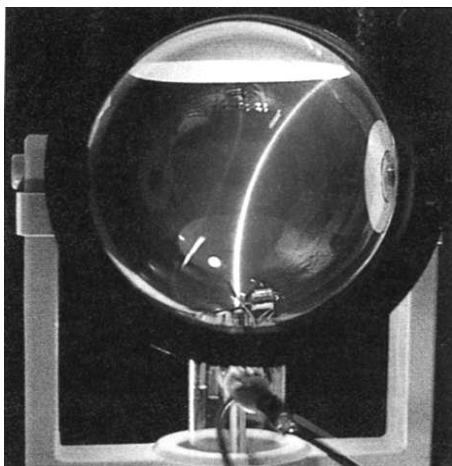
Оказывается, в атомах есть противоположно заряженные части. Что они собою представляют? Какова масса частицы, несущей отрицательный заряд? Методы химии не могли дать ответа на эти вопросы.

Открытие частицы-переносчика электрического заряда произошло эмпирическим путем в физике при исследовании

тока в разреженных газах. При определенных условиях (достаточное разряжение и высокая разность потенциалов, приложенная к электродам) в трубке Крукса наблюдалось свечение стекла (рис.13).

Казалось, что некие лучи исходят из катода и освещают стекло напротив катода. Если на пути лучей помещалось препятствие, то оно отбрасывало тень на поверхность стекла. Какого-либо теоретического предсказания эффекта в данном случае не имелось, приходилось продолжать эксперименты, чтобы понять природу (механизм) явления.

Для этого различные варианты трубки Крукса помещали в магнитное поле, а для визуализации лучей применяли экран с люминофором (веществом, светящимся более ярко, чем стекло, при попадании на него лучей). На рис. 14 приведена фотография следов К-лучей (лучей Крукса), полученная в однородном магнитном поле, вектор индукции которого направлен перпендикулярно к плоскости фотографии.



*Рис. 14. След К-лучей
в магнитном поле*

роgo направлен перпендикулярно к плоскости фотографии.

Как видно из приведенной иллюстрации, магнитное поле оказывает физическое действие на лучи, заставляя их двигаться по криволинейному пути. Этот эксперимент однозначно свидетельствует, что К-лучи представляют собой поток заряженных частиц. Как известно из школьного курса физики, путь движения (траекторию) заряженных частиц в магнитном поле определяет сила Лоренца. Направление действия этой силы на положительно заряженную (пробную) частицу определяется по мнемоническому правилу левой

руки. Применяя это правило, положим ладонь левой руки на страницу учебника с фотографией, повернув ее к себе, чтобы линии индукции входили в ладонь. Четыре пальца ладони должны быть направлены по направлению входа частиц в магнитное поле, т. е. вверх. Большой палец покажет направление действия магнитного поля на движущийся положительный заряд.

Что следует из того факта, что Ваш большой палец направлен в одну сторону, а след К-частиц на фотографии в противоположную? Это значит, что частицы К-лучей имеют знак электрического заряда, противоположный положительному, т. е. отрицательный. Поэтому и направление силы Лоренца для них другое, противоположное.

Дальнейшие опыты показали, что К-лучи возникают независимо от химического состава газа в трубке Крукса. Это очень важное наблюдение.

ние. Оно говорит о том, что какие-то отрицательно заряженные частицы входят в состав всех химических элементов (всех сортов атомов). Естественно напрашивался вывод, что именно эти частицы участвуют в образовании ионов из нейтральных атомов.

Проблема заключалась в том, что была неизвестна масса этих частиц, а без знания ее численного значения трудно признать новую частицу материальной, вещественной. Заслуга определения массы частиц К-лучей принадлежит Дж. Дж. Томсону (рис. 15).

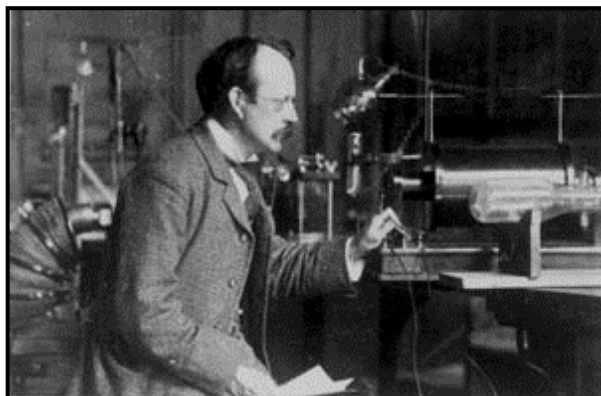


Рис. 15. Дж. Дж. Томсон в лаборатории

Идея эксперимента Томсона заключалась в том, чтобы скомпенсировать действие магнитного поля на заряженную частицу действием на нее электрического поля. При равенстве и противоположном направлении двух сил траектория К-лучей выпрямлялась, что фиксировалось очевидным наблюдением. Решая совместно уравнения для магнитной и электрической сил, Дж. Дж. Томсон определил скорость движения К-частиц.

Узнав скорость частиц и измерив радиус траектории их движения (см. рис. 14), он нашел отношение величин электрического заряда к массе частицы (впоследствии эту величину назвали удельным зарядом электрона).

Поскольку величина заряда К-частицы по абсолютной величине была известна (см. выше определение заряда иона водорода), оказалось возможным дать количественную оценку величины массы новой элементарной частицы, названной электроном. За открытие электрона (точнее, за установление в 1897 г. его количественных характеристик) Дж. Дж. Томсону позднее была присуждена Нобелевская премия по физике.

Два вопроса, по меньшей мере, возникли после факта открытия электрона:

1) Где находится электрон в составе нейтрального атома, снаружи или внутри положительно заряженной области?

2) Что собой представляет область положительного заряда?

В начале XX столетия были высказаны, почти одновременно, несколько гипотез о внутренней структуре атома. При этом все авторы исходили из принципа единства мира и подобия его частей. Этот принцип имеет древнее происхождение. Считается, что его выразил древнеегипетский мистик Гермес Трисмегист фразой: *То, что находится наверху, подобно тому, что находится внизу.*

Поэтому ожидалось, что объекты микромира могут быть устроены наподобие объектов мегамира или макромира. (Отметим здесь, в скобках, влияние метафизической картины мира на формирование физической картины мира, отраженное пунктирной стрелкой на схеме рис. 6).

Модели атома водорода, предложенные различными авторами в самом начале XX в., представлены на рис. 16.

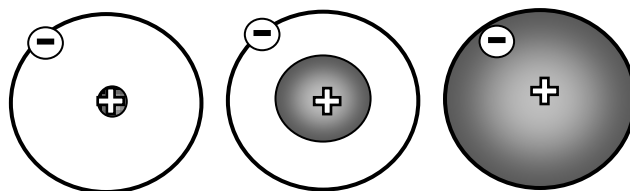


Рис. 16. Модели строения атома
(Ж. Перен, Х. Нагаока и Дж. Дж. Томсон)

Наибольшее признание получила модель Дж. Дж. Томсона, в которой электрон совершал колебания вокруг центра положительно заряженной области (в других моделях электроны вращались вокруг положительно заряженной области, не входя в нее). Какая из предложенных *гипотетических* моделей верна? Ответ должен был дать эксперимент – таково общее правило в науке. Но какой эксперимент? Чем подействовать на атом?

Химические методы воздействий приводили к ионизации молекул и атомов, но не вскрывали их внутреннее устройство. Пришлось использовать методы физики, в арсенале которой к тому времени появились различные излучения с высокой проникающей способностью.

Более ста десяти лет назад (1896 г.) А. Беккерель открыл явление радиоактивности. Годом раньше В. Рентген обнаружил таинственные X-лучи, которые просвечивали, например, руку человека и оставляли на фотопластинке силуэты фаланг пальцев (см. рис. 17). Для современников Рентгена это было поразительно! Позднее выяснилось, что X-лучи, или рентгеновское излучение, представляют собой электромаг-

нитное излучение с энергией квантов, в десятки тысяч раз превосходящих энергию квантов фиолетового светового излучения.

Энергия квантов радиоактивного гамма-излучения, всегда сопровождающего альфа- или бета-распад, не менее чем в миллион раз выше энергии светового излучения. Все электромагнитные излучения нейтральны и не могут отклоняться в поле отрицательных или положительных зарядов. Для целей зондирования распределения зарядов в атомах более подходящими являлись бета-частицы (электроны) и альфа-частицы (ядра атомов гелия).

В 1909 г. Г. Гейгер и Э. Мардсен, по заданию Э. Резерфорда, начали исследования рассеяния альфа-частиц тонкими (настолько, что они становились полупрозрачными для света) пленками золота. Это называлось «бомбардировать атом альфа-частицами» [9]. Тонкость золотой фольги

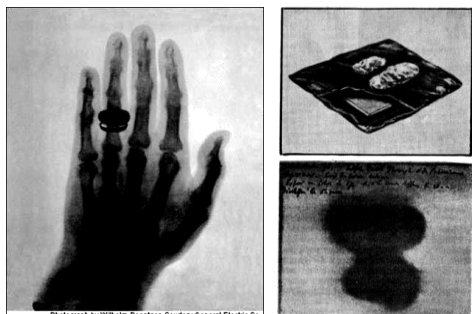


Рис. 17. Исторические снимки, связанные с открытиями В. Рентгена и А. Беккереля

обеспечивала практически однократное взаимодействие альфа-частицы с одним из атомов золота. Другие сотрудники в лаборатории Резерфорда «бомбардировали» атом бета-лучами.

Теоретически модель Дж. Томсона предсказывала, что альфа-частицы после пролета через однородно заряженную область объема атома будут отклоняться от прямолинейной траектории на небольшие углы вперед по их движению. Но совершенно

неожиданно было обнаружено, что малое количество альфа-частиц (примерно одна частица на 8000 падающих) отклоняется назад, под углами почти до 180° . По воспоминаниям Э. Резерфорда, было ощущение, что пушечный снаряд отразился от листа бумаги! Однако через некоторое время Резерфорд догадался, какой внутренней структуре атома соответствуют результаты измерений Г. Гейгера и Э. Мардсена.

Он сопоставил силы отталкивания, которые возникают при пролете альфа-частицы сквозь атом по различным моделям. Чтобы остановить альфа-частицы, потенциальная энергия электростатического отталкивания одноименно заряженных частиц (положительно заряженной альфа-частицы и положительно заряженной области в составе атома) должна быть больше кинетической энергии бомбардирующих частиц на расстоянии $r < r_{\min}$. Для случая центрального столкновения минимальное расстояние, на которое сможет проникнуть альфа-частица данной энергии, может быть найдено из соотношения:

$$\frac{q_{\alpha}Q}{4\pi\epsilon_0 r_{\min}} = \frac{mV_{\infty}^2}{2}. \quad (1)$$

Здесь в левой части равенства записано выражение для потенциальной энергии, а в правой – для кинетической. Как следует из формулы (1), огромное значение потенциальной энергии взаимодействующих зарядов, достаточное для отражения альфа-частиц, возможно только при малом численном значении расстояния между зарядами, порядка 10^{-15} м. Это значение на пять порядков величины меньше размеров атома. Следовательно, модель Дж. Дж. Томсона (учеником которого был Э. Резерфорд) не соответствует действительности. Экспериментальные результаты свидетельствуют в пользу выбора нуклеарно-планетарной модели атома.

1.4.2. Гипотезы инфра-мира и супра-мира

По модели Резерфорда весь положительный заряд занимает крошечную область, радиус которой во столько раз меньше радиуса атома, во сколько раз радиус Солнца меньше радиуса орбиты самой удаленной от него планеты.

Мельчайшая часть вещества – атом – казалась устроенной наподобие Солнечной системы. От модели Резерфорда было впечатление, что принцип Гермеса Трисмегиста получил физическое подтверждение. Невольно возникали ассоциации с куклой-матрешкой, где в одной оболочке оказывается помещенной другая, подобная по форме, но меньшего размера, в ней следующая и так далее. Может быть, в природе нет конца этой лестнице ни вверх, ни вниз?

На основе этого предположения появилась гипотеза инфра-мира, т. е. мира меньшего масштабного уровня, и супра-мира, внешнего, большего по масштабу, чем обычный мир человека.

Суть первой гипотезы прекрасно показана в стихотворении русского поэта Валерия Яковлевича Брюсова «Мир электрона».

*Быть может, эти электроны –
Миры, где пять материков,
Искусства, знанья, войны, троны
И память сорока веков!*

*Еще, быть может, каждый атом –
Вселенная, где сто планет;
Там все, что здесь, в объеме сжатом,
Но также то, чего здесь нет.*

*Их меры малы, но все та же
их бесконечность, как и здесь;*

*Там скорбь и страсть, как здесь, и даже
Там та же мировая спесь.*

*Их мудрецы, свой мир бескрайний
Поставив центром бытия,
Спешат проникнуть в искры тайны
И умствуют, как нынче я.*

Гипотетические мудрецы на электроне-планете действительно измеряли бы время в единицах периода обращения электрона вокруг ядра, и их год был бы весьма скоротечен по сравнению с нашим астрономическим годом.

Альтернативная гипотеза супрамира исходит из сходства Солнечной системы с атомами фтора (F). Действительно, в Солнечной системе было известно 9 планет. А у атома фтора имеется 9 электронов. Формально очень схожи по «устройству» эти две системы. Так, может быть, Солнечная система и другие звезды – это некие мега-атомы, из которых составляются гигантские по размерам мега-молекулы? А из мега-молекул построен мега-организм – Вселенная?

Фантазируя дальше, можно считать этот мега-организм носителем космического Разума. Отголоском этой идеи является разумный океан (Солярис) у писателя-фантаста С. Лема. Можно также упомянуть мистические идеи Е. Блаватской о космическом Разуме и живой Вселенной.

Мы рассматриваем эти гипотезы в разделе об истоках современного естествознания потому, что они иллюстрируют влияние научных открытий на гуманитарный компонент культуры. Элементы новой парадигмы естествознания изменяют масштабы и образ мысли всего человечества. Кроме того, они привлекательны своей смелостью и выходом за привычные рамки мышления. Тем не менее, в них остается стереотип ожидания все меньших структурных частей по мере продвижения на более глубокие масштабные уровни: внутри матрешки может быть только меньшая.

По современным данным, принцип матрешки несостоятельный. В последующем мы рассмотрим причины, по которым малые по массе микрочастицы содержат в себе не меньшие, а, наоборот, большие по массе и энергии составляющие. Что касается звездных систем, то процессы их образования не копируют закономерности образования молекулярных систем и тем более закономерности развития живых организмов.

В заключение отметим, что нуклеарно-планетарная модель, обоснованная Резерфордом, явилась большим достижением классического атомизма. Одновременно она показала недостаточность теоретического аппарата классической физики Ньютона – Максвелла для полного опи-

сания свойств атома. Дело в том, что движущийся с центростремительным ускорением электрон в атоме должен бы излучать электромагнитные волны, терять кинетическую энергию и непрерывно переходить на все приближающиеся к ядру орбиты. Поэтому классическая физика предсказывает нестабильность атома и его исчезновение, хотя в действительности атомы и молекулы остаются стабильными системами.

Таким образом, возникает противоречие и проблема стабильности атома требует своего решения в рамках новой концепции микромира – квантово-механической.

Задания для самостоятельной работы

1. Опишите в рабочей тетради (в пределах одной страницы) Ваше отношение к религии. Возможно ли совмещать научное мировоззрение с религиозным?
2. Приведите несколько примеров суеверий из повседневной жизни (например, какие меры предпринимаете Вы перед экзаменом, возможно ли воздействовать на человека заговорами, сеансами экстрасенсов и т. д.).
3. Ответьте на вопрос о совместимости предсказаний астрологов с принципом единства человека и окружающего его мира.
4. Найдите и запишите в рабочую тетрадь определение принципа Ле Шателье–Брауна.