

# Современная естественнонаучная картина мира

## ЛЕКЦИЯ 3

### История естествознания (часть 2)

#### От Ньютона до современности

##### §3.5 Наука в XVII – XIX веках

В XIX веке наука остается в целом механистической и метафизической, но в ней начинают формироваться *предпосылки второй глобальной революции*. Этому предшествуют *комплексные научные революции*, в результате которых в естествознании утвердились идеи всеобщей связи и началось стихийное проникновение диалектических воззрений.

В этот период на первый план выдвигаются физика и химия, изучающие взаимопревращения веществ и энергии. В геологии возникает теория развития Земли Ч. Лайеля, в биологии зарождается эволюционная теория Ж.-Б. Ламарка.

Особое значение имели революции, связанные с тремя великими открытиями второй трети XIX в.:

- клеточной теории Шлейдена и Шванна (50-е годы 19 века);
- закона сохранения и превращения энергии Майера и Джоуля (50-е годы);
- эволюционного учения Дарвина (1859).

Затем последовали открытия, продемонстрировавшие диалектику природы еще более полно:

- теория химического строения органических соединений А.М. Бутлерова;
- периодический закон Д. И. Менделеева;
- химическая термодинамика Я. Х. Вант-Гоффа;
- основы научной физиологии И. М. Сеченова;
- электромагнитная теория света Дж. Максвелла.

В результате этих научных открытий естествознание поднимается на качественно новую ступень и становится дисциплинарно организованной, систематизирующей наукой, т. е. наукой о предметах и процессах, их происхождении и развитии. В естествознании активно идет *процесс дифференциации* наук, т. е. дробление крупных разделов наук на более мелкие, например, выделение в физике таких разделов, как термодинамика, физика твердого тела, электричество, магнетизм и т. д.

Пока наука объясняла частное, исходя из общих принципов, натуральная философия могла быть частью общей культуры всего цивилизованного мира. Но индуктивные методы в науке потребовали огромной работы: наблюдения, изучения и анализа. Наука перестала быть забавой для любителей. И сложность науки росла с каждым десятилетием. В течение столетия после Ньютона все еще было возможно для способного человека овладеть всеми областями научного знания. Но к 1800 году об этом уже не могло быть и речи. С течением времени все больше и больше необходимо было для ученого ограничить себя какой-либо областью науки, если он собирался принять активное участие в этой области. В свою очередь, специализация влияла на

науку, придавая ей невиданное ускорение. И с каждым поколением ученых специализация росла все более и более интенсивно.

Победа современной науки не будет окончательной до тех пор, пока не будет установлен еще один принцип, а именно свободная и прочная связь ученых. Хотя необходимость этого нам сейчас кажется очевидной, она не казалась таковой древним и средневековым философам. Пифагорейцы Древней Греции, объединенные в тайное общество, хранили их математические открытия для себя. Алхимики Средневековья преднамеренно распространяли так называемые результаты среди членов тесного круга доверенных людей. В XVI столетии итальянский математик Никколо Тартаглия нашел метод решения кубических уравнений и не видел ничего страшного в попытке сохранить его в тайне. Когда Геронимо Кардано, юный математик, выведал у Тартаглии тайну и поведал ее миру как собственное открытие, Тартаглия, естественно, был оскорблен, но, если закрыть глаза на обман Кардано, следует признать его правоту – такое открытие должно стать всеобщим достоянием.

В настоящее время ни одно научное открытие не считают таковым, если оно хранилось в тайне. Английский химик Роберт Бойль, спустя столетие после Тартаглии и Кардано, подчеркнул важность публикации результатов всех научных наблюдений в мельчайших деталях. Кроме того, новое наблюдение или открытие больше не признают даже после публикации, до тех пор, пока следующий исследователь не повторит эксперимент и не подтвердит его результатов. Наука – это не индивидуальная работа, а общественное действие.

К XIX веку в науке постепенно накапливаются противоречивые и во многом не вписывающиеся в парадигму классической науки идеи.

Новый раздел физики, изучающие превращения различных видов энергии друг в друга провозгласила: «Если бы мир был гигантской машиной, — провозгласила термодинамика, — то такая машина неизбежно должна была бы остановиться, т. к. запас полезной энергии рано или поздно был бы исчерпан». Любая сложная система в отсутствие притока энергии извне в конце концов «деградирует» в хаос.

Но к этому времени в биологии уже начали набирать силу эволюционные идеи. Возникают гипотезы о всеобщей связи живых существ. Наблюдательные данные биологии очевидным образом противоречили утверждениям термодинамики: живые организмы развиваются и эволюционируют в сторону увеличения сложности. Стремясь избежать противоречий между научными теориями, ученые разграничивают мир живой материи и мир неживой материи. Считается, что каждый из этих миров существует и функционирует по своим законам. Но это оказывается лишь временной мерой. Противоречия в науке продолжают множиться.

### *§3.6 Природа света и новая физическая картина мира*

Следующим этапом развития классической физики после становления механики Ньютона можно назвать создание теории электромагнетизма.

Научный интерес к свету восходит по крайней мере к Аристотелю, который, даром что был философом, задался вопросом такого типа, который должен показаться естественным скорее ученым. *Как мы видим?* Аристотель предположил, что когда мы смотрим на некоторый объект, этот объект воздействует на среду между собой и смотрящим глазом. (Мы в наши дни называем эту среду «воздух») Глаз фиксирует эти изменения в среде, и в результате возникает ощущение зрительного восприятия.

В Средние века объяснение изменили на противоположное. Полагали, что наш глаз испускает некоторые лучи, которые освещают все, на что мы смотрим. Не объект посылает в глаз сигналы, а глаз оставляет следы по всему объекту.

В конце концов, было осознано, что мы видим объекты в отраженном свете и что в обычной жизни основным источником света служит Солнце. Эксперименты показали, что свет перемещается по прямым линиям, образуя лучи. Отражение происходит, когда луч отскакивает от некоторой поверхности. Так что Солнце посылает световые лучи на все, что не скрыто в тени какого-либо другого объекта, лучи отовсюду отскакивают, причем некоторые из них попадают в глаз наблюдателя, и глаз получает сигнал с соответствующей стороны, мозг обрабатывает поступающую из глаза информацию, и мы видим то, от чего отразился луч.

Основной вопрос состоял в том, что же такое свет. Свет обладает рядом интригующих свойств. Он не только отражается; он может еще и преломляться – внезапно изменять направление на границе двух различных сред, например воздуха и воды. Именно поэтому палка, опущенная в пруд, выглядит изломанной; на этом же основана работа линзы.

Но еще более интригующим оказывается явление дифракции. В 1664 году ученый и всесторонне образованный человек Роберт Гук, не раз за свою карьеру имевший столкновения с Ньютоном, открыл, что если поместить линзу сверху на плоское зеркало, то при взгляде через линзу видны тонкие концентрические цветные кольца.

Эти кольца известны сейчас как Ньютоновы кольца, потому что Ньютон первым проанализировал их возникновение. Сегодня этот опыт считается ясной демонстрацией того факта, что свет – это волна: кольца возникают в результате интерференции из-за того, что волны при наложении одна другую или гасят, или не гасят друг друга. Но Ньютон не верил, что свет – это волна.

Христиан Гюйгенс в 1678 году, еще до трактата Ньютона о природе света предположил, что свет является волной.

К середине XIX века экспериментальная физика накопила большое количество эмпирических данных об электрических и магнитных явлениях. В частности, Майкл Фарадей доказал превращение магнетизма в электричество (1831 год), он же ввел в научный обиход понятие «поля».

Решающее слово по этому вопросу сказал Джеймс Клерк Максвелл, обобщив накопленный к тому времени опытный материал в виде экспериментальных законов электричества и магнетизма, установленных ранее многими учеными (Ампер, Эрстед, Био-Савар, Ленц и др.) и особенно Фарадеем.

В 1864 году Максвелл отфильтровал систему из четырех уравнений. Эти уравнения описывали электричество и магнетизм в терминах двух полей, электрического и магнитного, пронизывающих все пространство. Для любого математика того времени эти уравнения обладали понятным смыслом. Это были волновые уравнения.

Также из уравнений следовало, что электромагнитное излучение – это поперечные волны.

Другим важным следствием из уравнений Максвелла было то, что распространялись электромагнитные волны со скоростью света. Отсюда был сделан вывод, что свет – это тоже электромагнитная волна.

Из теории следовало еще одно предсказание: длина волны электромагнитного излучения – могла быть любой. Длина волны света очень мала, но должны

существовать и волны больших длин. Это подтолкнуло Генриха Герца к открытию радиоволн (1888 год). А вскоре последовали и технические изобретения радиоприемников. И мы в одночасье получили возможность обмениваться друг с другом информацией, даже находясь на противоположных точках планеты.

Сейчас в любом учебнике для старших классов по физике мы можем познакомиться со спектром электромагнитных волн. Теория Максвелла (классическая теория электромагнетизма) до сих пор актуальна, на ней базируется описание множества физических явлений и создание множества различных технических устройств.

### **Электромагнитная картина мира.**

Основой являются: начала электромагнетизма *М. Фарадея*;

теория электромагнитного поля *Д. Максвелла*;

электронная теория *Г. Лоренца*;

постулаты теории относительности *А. Эйнштейна*.

Особенности:

1. материя – единое непрерывное поле с точечными силовыми центрами – электрическими зарядами и волновым движением в нем;
2. движение – распространение колебаний в поле, которые описываются законами электродинамики;
3. принцип близкодействия – взаимодействие любого характера передается от точки к точке полем с конечной скоростью;
4. реляционная концепция пространства и времени;
5. игнорирование дискретной природы вещества приводит электродинамику к противоречиям, которые снимаются с созданием Лоренцем электронной теории.

Сформированную после механического представления о мире новую электромагнитную картину мира можно рассматривать как промежуточную по отношению к современной естественнонаучной. Главным в таком представлении является возможность описать большое количество явлений на основе понятия поля. В отличие от механической картины было установлено, что материя существует в виде вещества и в виде поля. Электромагнитное взаимодействие на основе волновых представлений достаточно уверенно описывает не только электрические и магнитные, но и оптические, химические, тепловые и механические явления. Методология полевого представления материи может быть использована и для понимания полей иной природы. Большой успех имело описание явления гравитации с помощью понятия поля.

Однако, несмотря на существенное продвижение вперед в познании окружающего нас мира, электромагнитная картина мира не свободна от недостатков. Так, в ней не рассматриваются вероятностные подходы; по существу, вероятностные закономерности не признаются фундаментальными, сохранены детерминистский подход Ньютона к описанию отдельных частиц и жесткая однозначность причинно-следственных связей (что сейчас оспаривается синергетикой), ядерные взаимодействия и их поля объясняются не только электромагнитными взаимодействиями между заряженными частицами. В целом, такое положение понятно и объяснимо, так как каждое проникновение в природу вещей углубляет наши представления и требует создания новых адекватных физических моделей.

До конца девятнадцатого века естественные науки активно развиваются. Этому способствует развитие техники и технологий. Постоянно совершенствующиеся и усложняющиеся телескопы позволяли все глубже и точнее изучать звездное небо. Создание микроскопов открыло перед биологами целый новый мир – мир клеток и микроорганизмов.

В физике после объединения механики Ньютона и электромагнетизма Максвелла казалось, что физика исчерпывает свой предмет, и скоро тайн перед ней скоро уже не останется. Некоторые солидные ученые конца XIX века всерьез отговаривали своих студентов идти в физики, господствовало убеждение, что в самом ближайшем будущем заниматься в этой науке будет нечем. Перед физиками остались две принципиальные загадки: обнаружение эфира (среды, в которой распространяются электромагнитные волны) и решение проблемы излучения абсолютно черного тела.

### *§3.7 Становление неклассической физики*

Научная революция, ознаменовавшая переход к неклассическому этапу в истории естествознания, в первую очередь связана с именами двух великих ученых XX в. — М. Планка и А. Эйнштейна. Первый ввел в науку представление о квантах электромагнитного поля, второй навсегда останется в истории человечества как автор специальной и общей теории относительности.

В 1887 году физики Альберт Майкельсон и Эдвард Морли провели высокоточный эксперимент, целью которого было обнаружение эфира (невидимой среды, в которой, как предполагалось, должен распространяться свет (электромагнитные волны)). Результат эксперимента оказался отрицательным. Если эфир и существует, он в никак себя не проявляет в экспериментах. Таким образом, был сделан вывод, что данная гипотеза является излишней в теории электромагнетизма. Вторым удивительным следствием опыта было постоянство (инвариантность) скорости света и ее независимость от относительного движения источника и приемника света<sup>1</sup>. Данный факт приводил ученых в замешательство. **Инвариантность** скорости света являлась нарушением классического закона сложения скоростей.

Многие ученые высказывали различные идеи – способы разрешения данного парадокса. Человеком, поставившим точку в вопросе, был Альберт Эйнштейн. В 1905 году он создает специальную теорию относительности (СТО), а в 1916 году – общую теорию относительности (ОТО). Теория относительности – это теория структуры пространства и времени и их взаимосвязи. Она является фундаментом современной физики.

Вторая принципиальная проблема физики конца XIX века – проблема взаимодействия электромагнитных волн и вещества. Уравнения Максвелла прекрасно описывали распространения света, электрических и магнитных полей в пространстве. Но при попытке ее применить к испусканию или поглощению излучения веществом – теоретические предсказания расходились с эмпирическими данными.

Работая над этой проблемой Макс Планк в своей работе 1900 года вводит в теорию электромагнетизма понятие «кванта». Стараясь подкорректировать математическую основу теории он вводит допущение, что свет может испускаться или

---

<sup>1</sup> Первоначально подобный эксперимент Майкельсон провел один уже в 1881 году. Впоследствии опыт несколько раз воспроизводился (например, в 1925, 1958, 1974 года) со все возрастающей точностью. В настоящее время (2011) чувствительность приборов позволяет найти относительные отклонения изотропности скорости света в единицы  $10^{-16}$ , однако и на этом уровне отклонения не найдены.

поглощаться отдельными порциями энергии – квантами, то есть фактически частицами. Развивая эту идею, Альберт Эйнштейн в 1905 году, уже в другой своей статье делает смелое заявление: сама природа света (и любых других видов электромагнитного излучения) такова, что он взаимодействует с веществом как поток частиц. Частицы эти были названы **фотонами**. Вооружившись квантовой гипотезой Эйнштейн блестяще объясняет **явление фотоэффекта**. На этот раз теоретическое предсказание точно совпадает с экспериментальными данными<sup>2</sup>. К началу XX века технические возможности уже позволяют углубиться в мир атома. Первая половина XX века – это золотое время неклассической физики – период создания **квантовой физики** (или если более узко – квантовой механики – законов, описывающих поведение микроскопических объектов: молекул, атомов, элементарных частиц). Этому способствовало сочетание многих условий: усложнение технических средств исследования, развитие новых областей математики, концептуально новые подходы в самой физической теории. Все это привело к формированию третьей физической картины мира.

### **Квантово-полевая картина мира.**

Основа: квантовая гипотеза *М. Планка*;  
волновая механика *Э. Шредингера*;  
квантовая механика *В. Гейзенберга*;  
квантовая теория атома *Н. Бора*.

Особенности:

1. квантово-полевые представления о материи (каждый элемент материи имеет свойства волны и частицы и в зависимости от условий проявляет то волновые свойства, то корпускулярные);
2. картина реальности в квантовой механике двупланова: с одной стороны в нее входят характеристики исследуемого объекта, с другой – условия наблюдения;
3. закономерности и причинность – вероятности, подчиняющиеся статистическим законам;
4. принцип дополнительности (и принцип неопределенности, как его частный случай).

Квантово-полевая картина мира постулирует единство материи. Все объекты микромира обладают и свойствами частиц, и свойствами волн (корпускулярно-волновой дуализм). Нет четкой границы между этими свойствами.

Наше понимание природы и поведения объектов микромира осложняется их принципиальной ненаблюдаемостью. Из-за малости размеров микрочастиц, из-за других различных особенностей их поведения, физика микромира требует совершенно другого подхода к описанию квантовых явлений.

Два обстоятельства мешают понять современную физику. Во-первых, применение сложнейшего математического аппарата, который надо предварительно изучить. А. Эйнштейн сделал удачную попытку преодолеть эту трудность, написав

---

<sup>2</sup> За описание явления фотоэффекта А. Эйнштейн получает в 1922 году Нобелевскую премию по физике (многие ошибочно полагают, что премия была вручена за создание теории относительности – но это не так). Интересен факт: Эйнштейна неоднократно номинировали на Нобелевскую премию по физике, однако члены Нобелевского комитета долгое время не решались присудить премию автору столь революционных теорий. В конце концов, был найден дипломатичный выход: премия за 1921 год была присуждена Эйнштейну (в самом конце 1922 года) за теорию фотоэффекта, то есть за наиболее бесспорную и хорошо проверенную в эксперименте работу; впрочем, текст решения содержал нейтральное добавление: «... и за другие работы в области теоретической физики».

учебник, в котором нет ни одной формулы. Но есть другое обстоятельство, которое оказывается непреодолимым — невозможность создать наглядную модель современных физических представлений: искривленное пространство; частицу, одновременно являющуюся волной и т. д. Выход из ситуации прост — не надо и пытаться это сделать.

Прогресс физики (и науки в целом) связан с постепенным отказом от непосредственной наглядности. Как будто такой вывод должен противоречить тому, что современная наука, и физика, прежде всего, основывается на эксперименте, т. е. эмпирическом опыте, который проходит при контролируемых человеком условиях и может быть воспроизведен в любое время любое число раз. Но все дело в том, что некоторые стороны реальности незаметны для поверхностного наблюдения и наглядность может ввести в заблуждение. Вспомним тут хотя бы становление гелиоцентрической системы мира. Ведь наши повседневные наблюдения подсказывают нам, что именно Солнце вращается вокруг Земли. Это знание основано на наглядности, но оно ложно.

Отказ от наглядности научных представлений является неизбежной платой за переход к исследованию более глубоких уровней реальности, не соответствующих эволюционно выработанным механизмам человеческого восприятия.

### *§3.8 Современное естествознание*

Квантово-полевая картина мира как современная теория материи и теория относительности как современная теория пространства и времени, с которыми эта материя связана — это фундаментальная основа всей современной физики.

Помимо торжества неклассической физики и ее успехов, современные естественные науки (и сопряженные с ними научные области) могут «похвастаться» множеством открытий и новых идей.

Двадцатый век — это век возрождения внимания к биологической теории. Переоткрытие законов наследственности Менделя стало мощным толчком в развитии генетики. А последовавшее соединение генетики с теорией естественного отбора, а также множество других открытий (пр.: открытие структуры молекул ДНК и их роли в воспроизводстве живых существ) привело к созданию современной эволюционной теории — синтетической теории эволюции (СТЭ). Эволюционные идеи оказались настолько фундаментальными, что постепенно проникли и в физику, и в химию, и в астрономию.

Создание общей теории относительности и развитие атомной физики позволило по-новому взглянуть на устройство космоса, на возникновение и развитие нашей Вселенной. 20-й (и 21-й) век — время величайших астрономических открытий и захватывающих космологических гипотез.

Возникает целый ряд принципиально новых областей науки: кибернетики, теории сложности, синергетики. Кибернетика привела к развитию компьютерных и информационных технологий, позволила сделать понятия «сознание», «интеллект» — объектами научного изучения. Теория сложности позволяет изучать мир и различные его объекты как сложные системы, со своими особенностями и уникальными свойствами. Синергетика — наука о самопроизвольном возникновении сложных систем из более простых («порядка из хаоса»).

Естествознание конца XX в. характеризуется рядом специфических черт, которые позволяют говорить об уже начавшемся повороте к новому этапу его

развития. Этот этап, получивший название постнеклассического, был вызван не столько проблемами физики «переднего края» (микромир, космос), сколько острой необходимостью понять сложные экономические, социально-политические, общественные процессы, инициированные научно-техническим прогрессом. Последствия прогресса оказались далеко не однозначными, более того, начали угрожать человечеству (ядерная, экологическая катастрофа, деградация культуры и человеческой психики), поэтому потребовалась научно обоснованная реакция общества на эти негативные последствия.

Для выполнения данного социального «заказа», наука должна была перейти к изучению больших и очень сложных систем, какими являются: человек, биосфера, общество и т. п. Причем ученым пришлось отказаться от аналитического подхода к изучаемым объектам, основанного на все большем и большем «погружении» в глубь их структуры. Основными методами исследования становятся синтетические методы, концентрирующие внимание на специфических особенностях поведения сложных саморазвивающихся систем, пронизанных многочисленными нелинейными обратными связями между подсистемами.

Естественнонаучные методы активно внедряются в экономические, общественные и гуманитарные дисциплины. Современная психология постепенно встает на естественнонаучную методологию. Отказываясь от описательного характера классической психологии современные представители **когнитивных наук** ставят в центр научного исследования строгий и точный эксперимент. Психология все более тесно связывается с различными биологическими дисциплинами (генетикой, этологией, СТЭ, биохимией).

### **современное развитие естествознания (постнеклассическая наука).**

*ключевые события и достижения:*

1. общая теория относительности (ОТО) (А. Эйнштейн);
2. квантовая механика (В. Гейзенберг, Э. Шредингер);
3. создание кибернетики (Н. Винер);
4. создание модели строения молекулы ДНК (Д. Уотсон, Ф. Крик);
5. открытие структуры генетического кода (М. Ниренберг, Х. Корана, Р. Холли) и многие другие открытия.

*характерные черты современной науки:*

1. квантово-релятивистский подход (в физике);
2. диалектичность;
3. вероятностный подход (привлечение к описанию явлений теории вероятности);
4. антиэлементаризм;
5. отказ от изоляции предмета исследования от внешних воздействий;
6. динамизм, обусловленный исследованиями неравновесных, нестационарных, открытых систем.
7. развитие наук биосферного класса.

### **Рекомендуемая литература:**

1. Айзек Азимов. Путеводитель по науке: От египетских пирамид до космических станций.
2. Ричард Фейнман. Характер физических законов. читать
3. Дэвид Боданис.  $E=mc^2$ . Биография самого знаменитого уравнения в мире.
4. Мартин Гарднер. Теория относительности для миллионов.