

Серия
«СОВРЕМЕННОЕ ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ»



Н.И. Одинцова

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА

Часть I

*Естествознание —
комплекс наук о природе*

Учебное
пособие



ИЗДАТЕЛЬСТВО
Прометей

Современное естествознание

Наталия Одинцова

**Естественнонаучная картина
мира. Часть 1. Естествознание
– комплекс наук о природе**

«Прометей»

2019

УДК 372.8
ББК 74.26

Одинцова Н. И.

Естественнонаучная картина мира. Часть 1. Естествознание – комплекс наук о природе / Н. И. Одинцова — «Прометей», 2019 — (Современное естествознание)

ISBN 978-5-907166-22-6

В пособии представлены материалы по дисциплине «Естественнонаучная картина мира», разработанные в соответствии с ФГОС. Рассмотрены вопросы интеграции естественных наук, сгруппированные в четыре блока: методы научного познания, вещество и поле, пространство и время, универсальные понятия естествознания. В каждом блоке приведены примеры современных естественнонаучных исследований. Даны задания для самостоятельной работы студентов. Пособие адресовано студентам и преподавателям вузов, а также учащимся старших классов и учителям естествознания. Может быть использовано для самообразования в естественнонаучной области.

УДК 372.8

ББК 74.26

ISBN 978-5-907166-22-6

© Одинцова Н. И., 2019

© Прометей, 2019

Содержание

Предисловие	5
Введение	7
Глава 1. Методы научного познания	9
1.1. Этапы развития естествознания	9
1.2. Классификация методов научного познания	18
1.3. Критерии научного познания	24
1.4. Эмпирические методы познания	31
Конец ознакомительного фрагмента.	37

Н.И. Одинцова

Естественнонаучная картина мира

Часть 1: Естествознание – комплекс наук о природе Учебное пособие

Предисловие

Это пособие – первое в серии «Современное естествознание». Актуальность серии связана с тем, что естествознание сегодня – это удивительно интересная, стремительно меняющаяся и непрерывно пополняющаяся новыми открытиями область науки. При этом отражение достижений современного естествознания в образовательных целях осуществляется пока крайне недостаточно.

В последнее время в школьные программы введен интегрированный предмет «Естествознание 10-11», а в вузовские курсы – интегрированная дисциплина «Естественнонаучная картина мира», однако они слабо обеспечены учебными пособиями. Серия «Современное естествознание» предназначена восполнить этот пробел. Она включает в себя учебники, задачки, сборники лабораторных работ, посвященные междисциплинарным вопросам естественных наук, которые могут быть использованы для изучения естествознания в школе, вузе и в целях самообразования.

Данное пособие представляет собой учебник по дисциплине «Естественнонаучная картина мира» в высших учебных заведениях. Под естественнонаучной картиной мира (ЕНКМ) понимают систематизированное представление о природе, исторически сформировавшееся в ходе развития естествознания.

Интересно рассмотреть процесс формирования ЕНКМ в историческом плане – как менялась картина мира по мере развития естествознания от воззрений древнегреческих философов до наших дней. Но ввиду лимита времени, отведенного на изучение курса, в этом пособии мы сосредоточимся на современной ЕНКМ. При этом будем иметь ввиду, что и современная картина не статична, что она ежедневно пополняется и уточняется с каждым новым естественнонаучным открытием, которые сыплются на нас как из рога изобилия. С этим связана особенность курса: его главная задача не столько сообщить определенную сумму знаний, сколько привести уже имеющиеся в систему, задать некую систему координат, скелет, на который в дальнейшем можно нанизывать новые сведения.

Естественнонаучная картина мира – это образ природы, который получен естественнонаучными методами. Все вы учились в школе, изучали физику, химию, биологию, географию, астрономию, экологию, поэтому у каждого из вас в той или иной мере такой образ имеется. Но в большинстве случаев он фрагментарный, разрозненный, поскольку перечисленные школьные предметы изучаются по отдельности.

Изучение наук «по частям» связано вовсе не с тем, что природа, и составляющие ее природные объекты и явления делятся на какие-либо части. Деление естествознания на отдельные области обусловлено, в первую очередь, ограниченностью нашего сознания, невозможностью охватить все многообразие деталей, присущих любому процессу в природе, а также соображениями удобства исследования той или иной конкретной ситуации. Вспомним школьную задачу: «Почему журавли летят клином?». Сразу напрашивается встречный вопрос: а это задача по физике или по биологии?

В связи с этим цель курса «Естественнонаучная картина мира» – расширить, уточнить этот начальный прообраз ЕНКМ, привести его в соответствие с современными научными данными, и, главное, – сделать целостным. Эта цель напрямую соотносится с особенностью современного этапа развития естествознания, для которого характерны интеграция и взаимопроникновение наук.

Чтобы убедиться в этом, достаточно обратиться к перечню Нобелевских премий по физике, химии, физиологии и медицине за последние годы. Практически все открытия, отмеченные этими престижными премиями, сделаны «на стыке наук». Например, в 2018 году Нобелевскую премию по физике присудили ученым (А. Эшкин, Ж. Мур, Д. Стрикленд) за новаторские изобретения в области лазерной физики, которые нашли широкое применение в биологических системах. Оптические пинцеты позволяют манипулировать вирусами, бактериями, живыми клетками, не повреждая их. Метод генерации высокоинтенсивных ультракоротких импульсов используют во многих областях, в том числе и при проведении операций по коррекции зрения с помощью лазеров.

Курс «Естественнонаучная картина мира» содержит три части: 1) «Естествознание – комплекс наук о природе»; 2) «Устройство Вселенной»; 3) «Эволюция Вселенной». В данном пособии представлена первая из них.

Пособие адресовано студентам и преподавателям вузов, а также учащимся старших классов и учителям естествознания. Его также можно использовать для самообразования в естественнонаучной области.

Автор выражает искреннюю благодарность М.В. Солодихиной и Л.В. Королевой за помощь в подготовке пособия к изданию.

Введение

Естествознание – это комплекс естественных наук, взятых в их взаимосвязи, как единое целое. К естественным наукам относят физику, химию, биологию, астрономию, географию. Естествознание – это не просто сумма естественных наук, а, именно, комплекс, система наук, учитывающая все многообразие связей между ними.

Для современного этапа развития естествознания характерна интеграция наук, которая идет двумя путями. Первый путь – появление и бурное развитие новых направлений «на стыке» наук: астрофизика, биохимия, геофизика, физическая химия и др. Второй – возникновение новых междисциплинарных направлений: экология, нанотехнологии, биотехнологии и др. Решение проблем в рамках этих направлений требует привлечения знаний по нескольким естественным наукам.

Что же объединяет все естественные науки и позволяет применять к ним общий термин – естествознание?

Что объединяет все естественные науки?

Общие методы исследования - методы научного познания (наблюдение, эксперимент и др.)

Общий объект изучения - природа (вещество и поле, пространство и время)

Общие понятия - универсальные понятия естествознания (энергия, симметрия и др.)

Во-первых, все естественные науки используют *общие методы* получения новых знаний: наблюдение, измерение, эксперимент, моделирование и др. Каждое естественнонаучное открытие имеет свою историю. Однако, независимо от того, какое явление и в рамках какой науки исследуется, можно выделить общие этапы научного метода. Естественнонаучный поиск – это всегда движение от накопления фактов к их обобщению и выдвижению гипотезы, далее – от гипотезы к следствиям, а от них к экспериментальной проверке.

Во-вторых, это *общий объект изучения – природа*. В отличие от гуманитарных наук, исследующих человеческое общество, естественные науки (от «естество» – природа) изучают природные объекты, явления и процессы. Все природные объекты материальны, то есть не зависят от нас и наших знаний о них. Существует два вида материи – вещество и поле, и два атрибута (неотъемлемых свойства) материи – пространство и время.

В-третьих, хотя каждая наука использует свой уникальный язык описания природы, *некоторые понятия являются универсальными для всех естественных наук*. Например, такие термины как энергия, симметрия, случайность, вероятность, самоорганизация, эволюция широко применяются и в физике, и в химии, и в биологии, и в астрономии. Общим для всех естественных наук является также математическое описание природных объектов. По образному выражению Г. Галилея «книга природы написана на языке математики».

В соответствии со схемой, представленной выше, выстроена логика изложения этого пособия. Оно включает четыре главы: «Методы научного познания», «Вещество и поле», «Пространство и время» и «Универсальные понятия естествознания».

По шутливому выражению биолога А. Маркова «мы – всего лишь приматы с ограниченным объемом рабочей памяти». Именно с этим связано наше стремление изучать тот или иной объект под определенным углом зрения, в рамках того или иного узкого научного направления. Но в то же время, видимо, мы – единственный биологический вид на Земле, а возможно, и во всей огромной Вселенной, который может представить себе Вселенную в целом от звезд и галактик до атомов и элементарных частиц.

Возможность познавать окружающий мир, наслаждаться гармонией единых принципов, описывающих, казалось бы, вовсе не связанные между собой явления, ощутить красоту и изящество фундаментальных законов природы дана каждому из нас. Изучение курса «Естественнонаучная картина мира» направлено на то, чтобы помочь вам реализовать эту уникальную возможность.

Задание 1. Докажите, что для современного этапа развития естествознания характерна интеграция наук. Для этого изучите примеры научных исследований по физике, химии, физиологии и медицине, за которые недавно были присуждены Нобелевские премии и приведите пример открытия, которое носит междисциплинарный характер.

Задание 2. Поразмышляйте над следующими высказываниями ученых.

Л. Ландау: «Все науки делятся на естественные, неестественные и противоестественные».

Э. Резерфорд: «Все науки делятся на физику и коллекционирование марок».

И. Кант: «В каждой науке столько истины, сколько в ней математики».

Какие из них носят шутливый характер? Выскажите свои доводы «за» или «против» этих высказываний.

Глава 1. Методы научного познания

1.1. Этапы развития естествознания

Общая характеристика этапов. Слово «естествознание» происходит от слов «естество» (природа) и «знание», то есть дословно означает знание о природе. В настоящее время этот термин употребляется в двух смыслах.

В широком смысле естествознание – это совокупность знаний о природных объектах, явлениях и процессах. Такие знания были необходимы человеку всегда: для того, чтобы ориентироваться в окружающей обстановке, распознавать опасности, находить способ их избежать, растить детей, находить пропитание для своей семьи и многого другого. В связи с этим потребность в познании и начальные знания о природе появились еще на заре развития человечества, однако долгое время были разрозненными.

В узком смысле естествознание – это комплекс естественных наук (физики, биологии, химии, астрономии и др.), взятых в их взаимосвязи, как единое целое. Каждая из естественных наук представляет собой систему знаний об определенной области действительности: например, биология – о живой природе, астрономия – о космических объектах и т.д. Системные знания, охватывающие широкий круг явлений и опирающиеся на прочные экспериментальные основания, появились сравнительно недавно, начиная примерно с XVII века. Поэтому естествознание как комплекс естественных наук – более узкое понятие, в историческом плане это всего лишь один из этапов развития естествознания в широком смысле. С другой стороны, на этом этапе, который называют научным, ученым удалось экспоненциально расширить представления об окружающем мире, кардинально изменив жизнь каждого человека. При этом разрозненные знания, накопленные ранее, прошли экспериментальную проверку и были включены в общую систему знаний о природе.

В связи с этим в данном параграфе, чтобы отразить исторический контекст, мы рассмотрим этапы развития естествознания в широком смысле. А во всех последующих параграфах сосредоточимся на естествознании как комплексе естественных наук, чтобы дать представление о современной естественнонаучной картине мира. Очевидно, что в рамках одного параграфа нельзя даже конспективно описать историю развития естествознания, которая длится тысячелетия и содержит множество великих имен и открытий. Задача – в другом. Глава называется «Методы научного познания» и важно показать эволюцию этих методов в процессе естественнонаучного познания, а также роль научного метода в становлении современной науки.

Когда зародилось естествознание никто не знает. Дело в том, что для ответа на этот вопрос требуются письменные источники, которых не существовало на заре развития естествознания. Видимо, первые естественнонаучные знания появились тогда же, когда и первые цивилизации. Такие изобретения как обожженный кирпич, гончарный круг, колесо относят ко времени – 3 тысячи лет до н.э., то есть около 5 тысяч лет назад. Две тысячи лет до н.э. люди уже пользовались циркулем и весами, а преодолевать морские просторы им помогали компас, паруса и весла. Эти изобретения несомненно требовали определенных знаний об окружающем мире и творческой мысли для их практических приложений. Но в целом период до VI века до н.э. называют мифологическим и не относят к естествознанию, поскольку природные явления здесь связываются весьма случайным образом. В мифах зачастую неодушевленным предметам приписываются свойства одушевленных (Солнце, Луна, звезды – это люди, которые жили на Земле, потом поднялись на небо и превратились в светила), а природные тела и естественные силы природы обожествляются.

Далее в развитии естествознания выделяют несколько этапов, которые в целом примерно соответствуют историческим периодам: Древний мир – натурфилософский этап развития естествознания (VI в. до н.э. – V в. н.э.); Средневековье – этап застоя в развитии естествознания (V в. – XIV в.) и переходный этап (XIV в. – XVI в.), Новое время и Новейшее время (XVII в. – XXI в.) – научный этап. Схематически эти этапы представлены на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Этапы развития естествознания

Примечательно, что если первые три этапа, предвещающие возникновение естествознания как науки, заняли во времени целых два тысячелетия (а с учетом мифологического этапа намного больше), то самый молодой **научный этап**, современниками которого мы все являемся, длится всего около 400 лет. При этом подавляющее число открытий, раскрывающих тайны окружающего мира, было сделано именно за это короткое время.

Одна из причин этого – внедрение в практику исследования особого метода познания, получившего название «научный метод». В связи с этим, не углубляясь в историю развития естествознания (это тема для отдельного учебника), сконцентрируем свое внимание на том, какие методы использовали естествоиспытатели на каждом из трех этапов.

Натурфилософский этап. На этом этапе естествознание развивалось как единая область – **натурфилософия**. Термин происходит от двух латинских слов: «nature» – природа и «philosophia» – философия. Интересно, что слово «философия» (дословно любовь к мудрости) впервые употребил Пифагор, поскольку, с его точки зрения, звания мудреца достоин только бог, а человек может лишь испытывать влечение к мудрости, то есть быть философом.

Яркие представители этого этапа – философы Древней Греции и Древнего Египта: Фалес Милетский, Пифагор, Демокрит, Архимед, Гиппократ, Птолемей, Аристотель и др.

Начало натурфилософского этапа, как правило, связывают с именем **Фалеса Милетского** (VI в. до н.э.), который мог предсказывать солнечные затмения, научился вычислять время солнцестояний и равноденствий, определил угловой размер Луны и Солнца (рис. 1.2) и сделал много других открытий. Фактически он первым разработал математический метод изучения небесных тел.

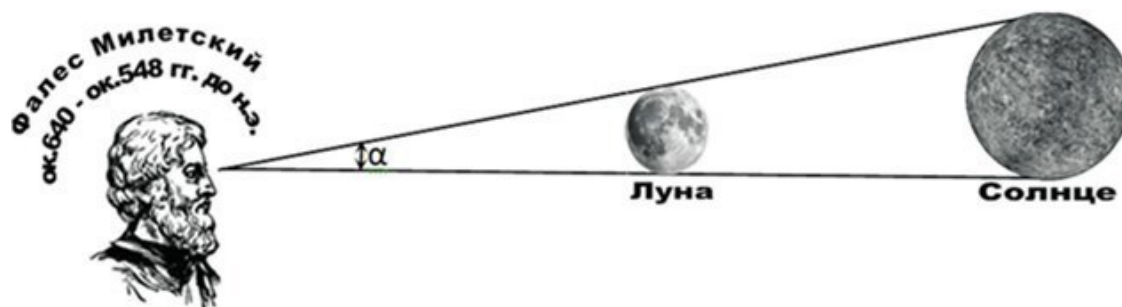


Рис. 1.2. Определение угловых размеров Луны и Солнца

В натурфилософский период начинает формироваться научный стиль мышления, включающий любознательность, стремление к истине, критическое отношение к недоказанным положениям, а также поиск универсальных идей, законов, начал, дающих ключ к пониманию природы. Теоретические основы современного естествознания были заложены именно тогда, а многие термины современного естествознания введены древними греками.

Например, слово «атом» (от гр. неделимый) введено в обиход **Демокритом** еще в V в. до н.э. Он создал атомистическое учение, предположив, что все окружающие тела состоят из неделимых частиц – атомов, а весь окружающий нас мир можно свести к различным сочетаниям атомов и пустоты. Не правда ли, звучит весьма современно?

Хотя надо учитывать, что сами атомы Демокрит представлял как объекты, которые различаются тремя свойствами: «фигурой», «размером» и «поворотом». Например, «I» отличается от «II» размером, «I» от «III» – фигурой, а «III» от «IV» – поворотом (рис. 1.3). А все многообразие различных тел он объяснял сочетанием этих свойств. Например, тело, состоящее из круглых и небольших по размеру атомов – сладкое, а из гладких, косых и малых по величине – горьким, что, конечно, не соответствует современным представлениям.



Рис. 1.3. Атомы Демокрита

Важнее другое: философ фактически впервые применил **метод модельной гипотезы**, в ходе которого на основе определенных свойств вещества предлагается модель его внутреннего строения, позволяющая описать новые свойства. Вот как позднее (в I в. до н.э.) образно описывал этот метод Лукреций Кар в своей знаменитой поэме «О природе вещей» (перевод с латинского Ф. Петровского):

«И наконец, на морском берегу, разбивающем волны,
Платье сыреет всегда, а на солнце вися, оно сохнет;
Видеть, однако, нельзя как влага на нем оседает,
Да и не видно того, как она исчезает от зноя.
Значит, дробится вода на такие мельчайшие части,
Что недоступны они совершенно для нашего глаза.
Так и кольцо изнутри, что долгое время на пальце
Носится, из году в год становится тоньше и тоньше;
Капля за каплей долбит, упадая, скалу; искривленный
Плуга железный сошник истирается в почве;
И мостовую дорог, мощеную камнями, видим
Стертой ногами толпы; и правые руки у статуй
Бронзовых возле ворот городских постепенно хudeют
От припадания к ним проходящего мимо народа.
Нам очевидно, что вещь от стирания становится меньше,
Но отделение тел, из нее каждый миг уходящих,
Нашим глазам усмотреть запретила природа ревниво».

Родоначальником натурфилософии считают древнегреческого философа **Аристотеля** (рис. 1.4). Он известен как воспитатель Александра Македонского и основатель философской школы – Ликей (или Лицея). *Аристотель разработал учение, охватывающее самые разнообразные аспекты природных явлений и жизни общества и суммирующее все современные ему знания о мире.* В основе этого учения, которое господствовало почти две тысячи лет, предложенный Аристотелем метод рассуждений, которому он обучал своих учеников – **формальная логика**.

Свои идеи Аристотель изложил в труде, который назвал «Органон», поскольку считал, что логика является органом (инструментом) мышления. *Формальная логика включает ряд законов, следуя которым можно получать верные умозаключения. Термин «формальная» означает, что логические рассуждения изучаются в отрыве от их наполнения конкретным содержанием.* Ключевое понятие в ней – **силлогизм** (от гр. умозаключение). *Это вид рассуждений, в котором из двух суждений-посылок, вытекает третье суждение – вывод. При этом посылки связаны общим «средним термином».* Аристотель сформулировал основной принцип силлогизма: «Когда одно сказывается о другом, как о подлежащем, то всё, что говорится о сказуемом будет говориться и о подлежащем». Классический пример: «Все люди смертны. Сократ – человек. Сократ смертен». В нем «средним термином» является понятие «человек». Оно позволяет связать воедино две посылки и вывести заключение о смертности Сократа.

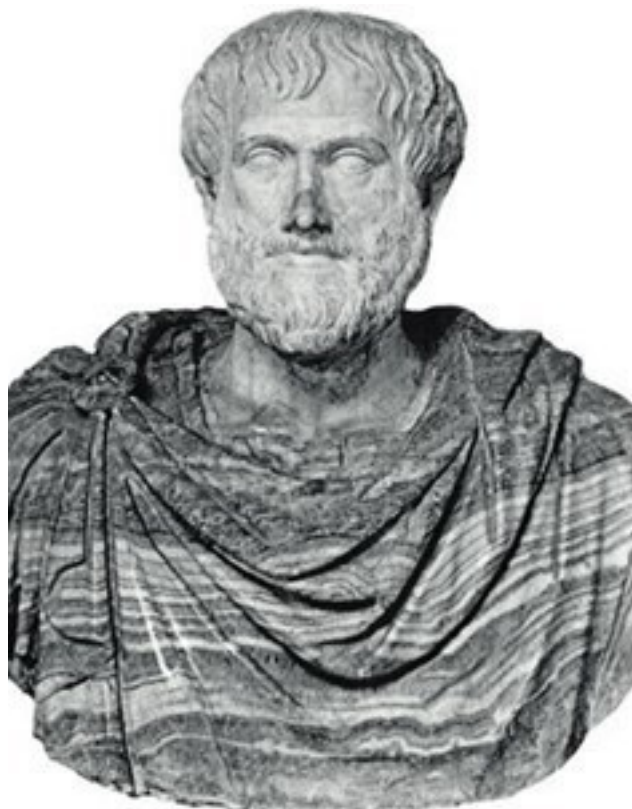


Рис. 1.4. Аристотель (384-322 гг. до н.э.)

Формальная логика в преобразованном и расширенном виде (ее называют символическая или математическая логика) активно используется и в современной науке. Однако одно из заблуждений Аристотеля послужило существенным тормозом в дальнейшем развитии естествознания на протяжении почти двух тысяч лет, когда господствовало его учение. Он считал, что в исследовании природы истинное знание можно получить **умозрительным методом**.

Кратко суть этого метода можно выразить формулой: «Наблюдение плюс формальная логика равно достоверный вывод». Сам метод имел огромное значение для формирования натурфилософской картины мира. Однако в нем не было очень важного и привычного нам сегодня элемента – эксперимента. Результатом применения этого метода стали такие естественнонаучные заблуждения как «Движимое движется» и «Тяжелые тела падают быстрее легких». Прошло более полутора тысяч лет, прежде чем они были опровергнуты Г. Галилеем и И. Ньютоном.

Этап застоя в развитии естествознания. Этот этап приходится на Средние века, с которыми ассоциируются главенство религии и костры инквизиции. Естествознание сосредоточилось в лабораториях алхимиков и астрологов. Заметим, что на тот момент это не были лженауки, с их помощью было сделано немало открытий. *Европейскую науку того времени называют «схоластика» (от греческого – школьный) – наука, в которой никакая мысль не может быть принята, если она не подкреплена ссылками на авторитеты (прежде всего богословские авторитеты).* Это, конечно, тормозило развитие научного знания. Отсюда и название – этап застоя, хотя оно условно и применимо, в первую очередь к европейской науке в период раннего и среднего средневековья.

Научное лидерство из Европы переместилось на Ближний и Средний Восток. В VII—X вв. было создано и процветало единое арабское государство – Арабский халифат. Ученые в этом государстве имели высокий статус. Согласно Корану, чернила ученого также драгоценны, как и кровь мученика, павшего за веру. Но при этом, если науки говорят о том, что есть в

Коране, то они излишни, а если о том, чего нет, то они вредны. Поэтому развивалось в основном прикладное знание.

Так, естествоиспытатель аль-Бируни (X в.) измерил плотности различных веществ с помощью изготовленного им прибора и подробно описал свойства более 50 минералов, руд, металлов, сплавов. 45 сочинений он посвятил астрономии. Аль-Бируни рассмотрел гипотезу о движении Земли вокруг Солнца, объяснил фазы Луны (рис. 1.5). В ходе астрономических наблюдений он установил угол наклона эклиптики к экватору, рассчитал радиус Земли, описал изменение окраски Луны при лунных затмениях и солнечную корону при солнечных затмениях.

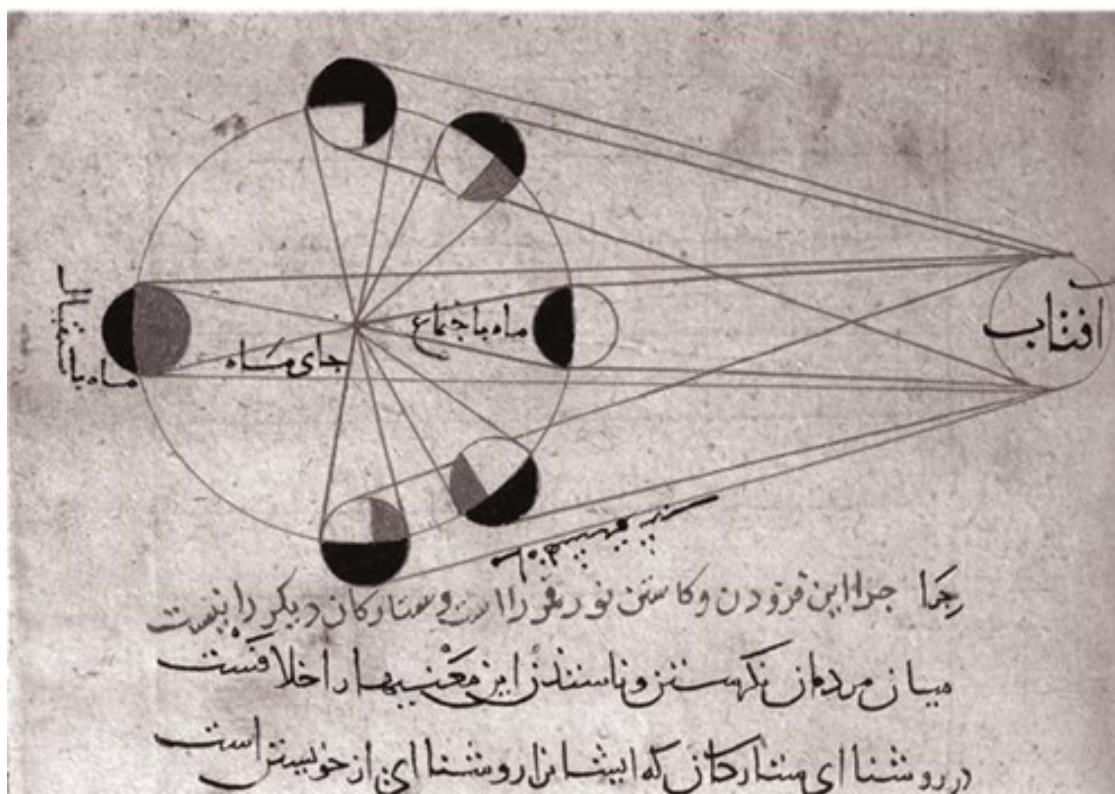


Рис. 1.5. Иллюстрация из книги аль-Бируни (различные фазы Луны)

Больших успехов достигла медицина того времени. Огромный вклад в развитие средневековой медицины внес Авиценна (X – XI в.). В 5-томном труде «Канон врачебной науки» собраны сведения по фармакологии, дано подробное описание анатомии человека, установлены характерные признаки многих болезней.

Переходный этап. В конце средних веков (эпоха Возрождения) в европейской науке было сделано много величайших открытий, изменивших картину мира того времени: в частности, установлено, что Земля – шар, и что она не является центром Вселенной (гелиоцентрическая система Коперника). Великие географические открытия (путешествия Х. Колумба, Васко де Гамы, Ф. Магеллана и др.) позволили определить очертания большей части суши.

Леонардо да Винчи (XV – XVI в.) – гений эпохи Возрождения и величайший из инженеров, которых знала история. Во многих областях естествознания – гидравлике, оптике, анатомии, ботанике и др., – он опередил свое время. Им разработаны чертежи и описания аппаратов, которые стали реальностью только в XX веке – прообразы вертолета, дельтаплана, водолазного костюма, парашюта и др. (рис. 1.6). Научные прорывы Леонардо да Винчи связаны с отказом от умозрительного метода. Он прекрасно понимал роль эксперимента в исследова-

нии природы, писал о том, что «знание – дочь опыта», что «нужно ограничивать рассуждения опытом».

Однако в массовом сознании традиционные донаучные представления сохранялись, несмотря на серьезные достижения в естествознании. Церковь успешно противостояла новым идеям, используя средневековое средство – инквизицию.



Рис. 1.6. Прообраз парашюта на рисунке Леонардо де Винчи

Умозрительный метод интуитивно применялся людьми и в обыденной жизни. Сегодня сложно в это поверить, но даже сравнительно недавно, в XV веке, жители Флоренции считали, что у мужчин и женщин разное число ребер. Действительно, умозрительный метод приводит к однозначному выводу: «Поскольку Ева сотворена из ребра Адама, то, однозначно можно утверждать, что у мужчин на одно ребро меньше, чем у женщин».

Научный этап. *Рождение естествознания как науки относят к началу XVII века. С открытия законов классической механики (Г. Галилей, И. Ньютон) и законов движения планет (Тихо Браге, И. Кеплер), с изобретения приборов, позволяющих проникнуть в тайны микро- и мега- мира (микроскоп, телескоп) начинается новый этап развития естествознания, который принято называть научным.* Для него характерно деление естествознания на отдельные науки (физика, химия, биология, астрономия, география) и бурное развитие этих наук. В это время утверждает свои позиции новая цель познания природы – не просто «наука ради науки», как в античности, а наука как средство преобразования действительности. Эта цель кратко сформулирована в афоризме Р. Декарта: «Знание – сила».

Перечисление имен и открытий ученых, работавших на этом этапе, составило бы целую энциклопедию. Практически все, что вы изучали в школе и изучаете в вузе по естественнонаучным предметам, относится именно к этому этапу. Назовем лишь некоторые события и имена ученых (рис. 1.7), которые являются знаковыми для различных областей естествознания.

Астрономия: 1543 г. – создание Н. Коперником гелиоцентрической системы мира, согласно которой Солнце является центральным небесным телом, вокруг которого вращается Земля и другие планеты. Заметим, что по дате – это событие переходного этапа, но по своему

значению, оно несомненно относится к научному, поскольку положило начало первой научной революции.

Физика: 1687 г. – выход книги И. Ньютона «Математические начала натуральной философии», которая заложила основы классической механики и всей физики как науки.

Биология: 1859 г. – публикация труда Ч. Дарвина «Происхождение видов», который положил начало эволюционной биологии и эволюционной концепции всего естествознания в целом.

Химия: 1869 г. – открытие Д. И. Менделеевым Периодического закона и создание Периодической таблицы химических элементов.



Рис. 1.7. Великие ученые нового времени

Научный этап развития естествознания – очень короткий: всего одна секунда по шкале Карла Сагана (на этой шкале 1 год соответствует времени жизни Вселенной от Большого взрыва до наших дней). Но при этом надо понимать, что любые достижения цивилизации: тепло и свет в наших домах, автомобили, поезда, самолеты, компьютеры, мобильные телефоны, средства лечения страшных болезней и многое-многое другое, – результат деятельности огромной когорты естествоиспытателей, как всемирно известных, так и рядовых, которые неустанно работают во благо науки.

Что же обусловило такой качественный скачок в познании природы после двух тысячелетий сравнительно плавного развития событий? *Ключевой момент, ознаменовавший научный этап развития естествознания, – разработка и широкое проникновение в практику исследования природы особого метода исследования – научного метода. Он пришел на смену умозрительному методу, предложенному еще Аристотелем.* Родоначальники научного метода – ученые-естествоиспытатели XVII века: Ф. Бэкон, Р. Декарт, Г. Галилей. Именно научный метод позволил преодолеть такие веками существовавшие заблуждения как «движимое движется», «тяжелые тела падают быстрее легких» и многие другие, и стал тем компасом, который указы-

вает направление поиска ученым всего мира во всех областях естествознания. Описанию этого метода посвящены следующие параграфы данной главы.

1.2. Классификация методов научного познания

Термин «методы научного познания». Слово «метод» происходит от древнегреческого «*μέθοδος*» – путь познания, исследования, и означает последовательность действий, направленную на достижение определенной цели. *Методами научного познания называют методы получения новых научных знаний: наблюдение, эксперимент, выдвижение гипотезы, моделирование и др.* Все формулировки законов, постулатов, основных положений, все важнейшие формулы, все определения явлений, величин и объектов в любом из учебников по физике, биологии, химии и др. – результат применения методов научного познания.

Роль методов научного познания очень велика. Ф. Бэкон образно иллюстрировал эту роль следующим сравнением: «Хромой калека, идущий по верной дороге, может обогнать рысака, если тот бежит по неправильному пути. Даже более того, чем быстрее бежит рысак, раз сбившись с пути, тем дальше его оставит за собой калека». Сравнение метода с дорогой весьма наглядно. Но дороги необходимо прокладывать и какого-либо универсального метода не существует: каждое новое открытие требует либо изобретения нового метода, либо приспособления известного к новым условиям. В этой связи советский физик Л. Ландау писал: «Метод важнее результата, с помощью метода можно получить много новых результатов».

Термин «научный метод». *Методы научного познания в совокупности образуют научный метод. Г. Галилей выделял четыре этапа научного метода: 1) чувственный опыт; 2) выдвижение гипотезы в виде аксиомы; 3) математическое развитие гипотезы, вывод следствий; 4) экспериментальная проверка гипотезы и следствий (рис. 1.8).*

Важнейшая особенность научного метода состоит в том, что он исключает субъективное толкование результатов. Ни рассуждения с позиции «здравого смысла», ни ссылки на авторитеты, ни самые строгие математические выкладки не могут служить основаниями для утверждения, что то или иное знание истинно. Единственный судья в научных спорах – эксперимент, который может быть воспроизведен в разных лабораториях, разными людьми, и потому полученное знание носит объективный характер.

Здравый смысл и умозрительный метод привели Аристотеля к утверждению «движется только движимое», согласно которому причиной движения любого тела является приложенная к нему сила. В пользу этого утверждения он приводил множество примеров «насильственных» движений: вьется пыль, увлекаемая ветром; муравьи тащат мертвую гусеницу; быки везут повозку в город. Но вот стих ветерок и улеглась пыль на дороге; разбежались муравьи и гусеница осталась лежать неподвижно; остановились быки – перестала двигаться повозка. В течение почти двадцати столетий этот закон движения просуществовал в неизменном виде. Авторитет Аристотеля был незыблем.



Рис. 1.8. Научный метод по Г. Галилею

Лишь в XVII веке Г. Галилей усомнился в справедливости этого закона. Чувственный опыт дает нам и другие примеры: нет тела, которое бы в каждый момент времени толкало по параболе стрелу, выпущенную из лука, или двигало бы все выше и выше мячик, подброшенный над землей. *Галилей проводит мысленный эксперимент и выдвигает гипотезу о том, что состояние равномерного прямолинейного движения (движения по инерции) – естественное состояние тела.*

Пусть тело движется по наклонной плоскости. Движение вниз будет равноускоренным, а движение вверх – равнозамедленным. Далее Галилей рассуждает так «... теперь скажите, что будет с тем же телом на плоскости, которая ни вниз не опускается, ни вверх не поднимается? Ясно, что тело будет двигаться столько времени, сколько хватит плоскости... Когда тело движется по горизонтальной плоскости, не встречая никакого сопротивления, то... движение его является равномерным и продолжалось бы бесконечно» (рис. 1.9).

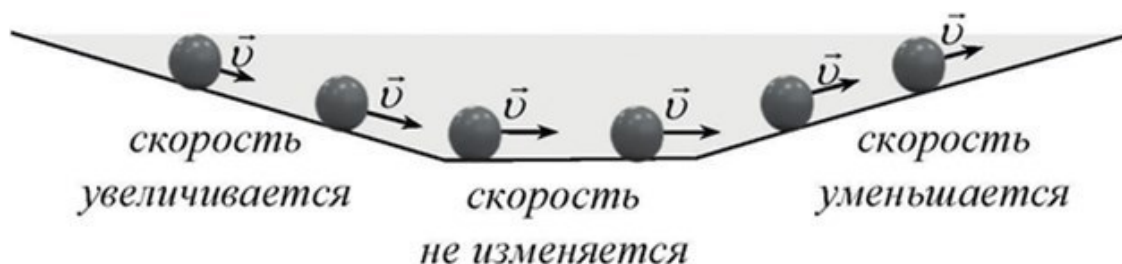


Рис. 1.9. Мысленный эксперимент Г. Галилея

Если эта гипотеза верна, то уменьшая трение, мы будем все более приближать движение тела к равномерному прямолинейному. Опыты, в которых разные тела скатываются с наклонной плоскости на горизонтальные поверхности, изготовленные из разных материалов, показывают, что чем более гладкая поверхность, тем меньше меняется скорость тела и тем больший путь оно проходит.

Таким образом, научный метод приводит к опровержению Аристотелева закона движения. *Равномерное прямолинейное движение, так же, как и состояние покоя, – естественное состояние тела. Для того, чтобы тело двигалось по инерции, не требуется никаких сил. Сила – причина изменения скорости движения тела, но не самого движения. В этом суть закона инерции*, открытого Галилеем, который чаще называют первым законом Ньютона, поскольку Ньютон включил его в систему законов, которые составляют фундамент классической механики.

Можно ли применять научный метод к бытовым ситуациям? И да, и нет. С одной стороны, метод не случайно называется научным и в чистом виде применить его к жизненным ситуациям не получится. Например, вы заболели болезнью X и надо выяснить, поможет ли лекарство Y от этой конкретной болезни. Следуя научному методу, надо 200 раз заболеть болезнью X, из них 100 раз принимать лекарство Y, а 100 раз – не принимать, затем провести статистический анализ и на его основе сформулировать вывод. Ясно, что это не реализуемый подход.

С другой стороны, А. Эйнштейн писал: «наука есть ни что иное, как совершенствование повседневного мышления». Действительно, систематическое применение научного метода к различным ситуациям развивают определенный стиль мышления, называемый научным. Для этого стиля и применительно к обычным жизненным ситуациям характерны такие весьма полезные действия как анализ ситуации, постановка вытекающей из этого анализа цели, планирование пути ее достижения, прогнозирование последствий, сравнение практических результатов с прогнозируемыми, корректировка своих действий с учетом этого сравнения и т.п.

Виды методов научного познания. По области применения выделяют три группы методов: общелогические, общенаучные и частнонаучные (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Классификация методов научного познания

Название группы методов	Область применения	Примеры методов
Общелогические методы	Во всех сферах, в том числе и ненаучных	Дедукция Индукция Анализ Синтез
Общенаучные методы	Во всех науках	а) Эмпирические методы (наблюдение, измерение, эксперимент); б) Теоретические методы (мысленный эксперимент, математическое моделирование, идеализация и др.)

Название группы методов	Область применения	Примеры методов
Частнонаучные методы	В узкой области той или иной науки	Рентгеноструктурный анализ Осциллографический метод Гибридологический метод Секвенирование генома

К общелогическим относят методы, которые применяются в различных областях человеческой деятельности, в том числе и ненаучной.

Дедукция – это метод рассуждений, основанный на получении частных выводов из общих положений (табл. 1.2). Он широко применяется в естествознании. Особенности его применения обоснованы Р. Декартом в труде «Рассуждения о методе».

Таблица 1.2

Общелогические методы познания

Название	Определение
Индукция (от лат. «induction» — наведение)	Путь опытного изучения явлений, в ходе которого от отдельных фактов совершается переход к общим положениям. Отдельные факты как бы наводят на общее положение.
Дедукция (от лат. deductio — выведение)	Доказательство или выведение утверждения (следствия) из одного или нескольких других утверждений (посылок) на основе законов логики, носящее достоверный характер
Анализ (от др.-греч. ἀνάλυσις — разложение, расчленение)	Операция мысленного или реального расчленения целого (вещи, свойства, процесса или отношения между предметами) на составные части. Позволяет получить информацию о структуре объекта исследования, выделить из общей массы фактов те, которые непосредственно относятся к рассматриваемому вопросу.
Синтез (от др.- греч. σύνθεσις — соединение, связывание)	Процесс соединения или объединения разрозненных вещей или понятий в целое или набор. Позволяет получить представление о связях между составляющими предмета изучения.

В основе любой естественнонаучной теории лежат основные законы, положения, уравнения, начала, постулаты, которые играют роль аксиом. Развитие теории состоит в выводе следствий из них дедуктивным методом. Например, из основного уравнения молекулярно-кинетической теории газов следует уравнение связи давления, температуры и объема идеального газа (уравнение Клапейрона – Менделеева), а из него, в свою очередь, вытекают законы, описывающие состояние газа в изохорном, изобарном и изотермическом процессе.

Индукция – метод рассуждений, основанный на получении общего вывода из частных положений (табл. 1.2). Он также широко применяется в естествознании. Родоначальником индуктивного подхода в естествознании по праву считается Ф. Бэкон. Главным средством познания природы им был провозглашен опыт, а не античное созерцание. Исследователь должен двигаться от частных фактов, полученных в опытах, к общим выводам. Многие законы естествознания (их называют эмпирическими законами) получены индуктивным методом. Например, закон всемирного тяготения обобщает многочисленные факты о притяжении тел:

яблоко падает с дерева на Землю, Луна обращается вокруг Земли, Земля обращается вокруг Солнца и многие другие.

Никакого чисто логического перехода от опытных данных и научных фактов к законам не существует. Поэтому выдвигаемые общие положения всегда носят характер гипотез. Для их проверки требуется вывести из гипотезы следствия, то есть применить дедуктивный метод, и сравнить эти следствия с экспериментом. Поэтому индукция и дедукция в ходе научного исследования всегда взаимно дополняют друг друга.

По сути, они являются элементами научного метода. Вспомним этапы научного метода по Галилею (рис. 1.8). Второй этап (выдвижение гипотезы в виде аксиомы) требует индуктивных рассуждений, а третий этап (математическое развитие гипотезы, вывод следствий) – дедуктивных. *Метод выдвижения гипотезы и ее дедуктивного развертывания получил название гипотетико-дедуктивный метод.* Как любой общелогический метод, он может применяться не только в науке. Например, знаменитый «дедуктивный метод» Шерлока Холмса правильнее было бы назвать гипотетико-дедуктивным.

Общенаучные методы названы так потому, что применяются в разных науках, как естественных, так и гуманитарных. К ним относят эксперимент, наблюдение, измерение, моделирование и другие. Все методы важны, но особое значение для естествознания имеет эксперимент, поскольку он обязателен как в начале, так и в конце практически любого цикла исследования природных объектов, процессов и явлений.

Частнонаучные методы применяются в узкой области той или иной науки для решения определенного класса задач. Например, рентгеноструктурный анализ, который позволяет определять атомную структуру вещества, гибридологический метод, который применяется для исследования наследственных свойств организма, и др.

Так, в современной биологии и медицине широко применяется метод секвенирования ДНК (секвенирования генома). Термин «секвенирование» происходит от англ. «sequence» – последовательность. В молекуле ДНК любого живого организма, в том числе человека, зашифрована информация, которая определяет, как он будет развиваться и расти, к каким болезням предрасположен. Молекула ДНК состоит из структурных элементов – четырех нуклеотидов: А – аденин, G – гуанин, C – цитозин, T – тимин. В ДНК человека примерно 3 миллиарда пар нуклеотидов (половина от отца, половина от матери), которые расположены в строго определенной последовательности.

Секвенирование ДНК – это общее название методов, которые позволяют установить последовательность нуклеотидов в молекуле ДНК. Один из них состоит в том, что молекулу разделяют на небольшие кусочки, специальным образом размножают их и прочитывают (рис. 1.10). Далее из этих маленьких кусочков при помощи математических алгоритмов восстанавливают полную последовательность генома. В ходе этой работы применяют специальные приборы – секвенаторы. Для повышения точности каждый участок генома секвенаторы «прочитывают» десятки раз.

Классификация методов научного познания, которая описана выше, введена философами. Ученые-естествоиспытатели в своей работе решают конкретные проблемы и среди всего арсенала естественнонаучных методов выбирают наиболее подходящие, адаптируя, видоизменяя и дополняя их под свои задачи. Метод решения конкретной задачи, как правило, включает и индуктивные и дедуктивные рассуждения, элементы анализа и синтеза, различные виды как эмпирических, так и теоретических методов научного познания. Но узнав об этом физик или химик скорее всего удивится, подобно герою пьесы Ж. – Б. Мольера, который узнал, что всю жизнь говорил прозой.



Рис. 1.10. Секвенирование молекулы ДНК

В связи с этим в дальнейшем рассмотрении ограничимся общенаучными методами и разберем их на примерах решения конкретных проблем современного естествознания.

1.3. Критерии научного познания

Наука стремительно развивается. Число научных работ растет по экспоненте. Описывая современное состояние дел, ученые шутят, что научные статьи делятся на «за последние два года и устаревшие». Не являясь специалистами в конкретной области, мы узнаем о новейших открытиях из средств массовой информации и различных научно-популярных источников. Как отличить научное утверждение от маскирующегося под него псевдонаучного? Каковы критерии научного познания?

Критерии, обязательные для методов научного познания. В отличие от обыденного познания, основанного на здравом смысле, ученые-естествоиспытатели в своей работе руководствуются определенными критериями, без соблюдения которых полученные результаты не будут приняты научным сообществом.

Важнейшим критерием научности знания является **воспроизводимость результатов наблюдений, экспериментов и измерений**. *Воспроизводимость означает близость результатов исследований, полученных в разных местах, в разное время, разными методами и средствами, разными исследователями, но проводимых при одних и тех же условиях.* Именно в этом пункте зачастую пролегает водораздел между наукой и псевдонаукой. Ученые пытаются предупредить ошибку и сами найти способ экспериментального опровержения своих выводов. Псевдоученые загоняют пыль под ковер и делают расплывчатые предсказания.

Даже в очень дорогостоящих современных установках предусмотрена возможность воспроизведения результатов экспериментов. Так, Большой адронный коллайдер (LHC) – крупнейший в мире ускоритель частиц и самая сложная экспериментальная установка, когда-либо созданная человеком. Казалось бы, как можно говорить о научных открытиях на LHC, в частности об открытии новой элементарной частицы – бозона Хиггса, если эта установка – единственная и уникальная. Оказывается, да, – можно, поскольку в состав LHC входит несколько детекторов. Каждый детектор – это отдельная экспериментальная установка, на которой проводится своя серия экспериментов. На рис. 1.11 изображен один из них – ATLAS (длина 43 м, диаметр 22 м). Если что-то новое обнаруживается на одном детекторе, есть возможность попробовать воспроизвести полученные результаты на другом.

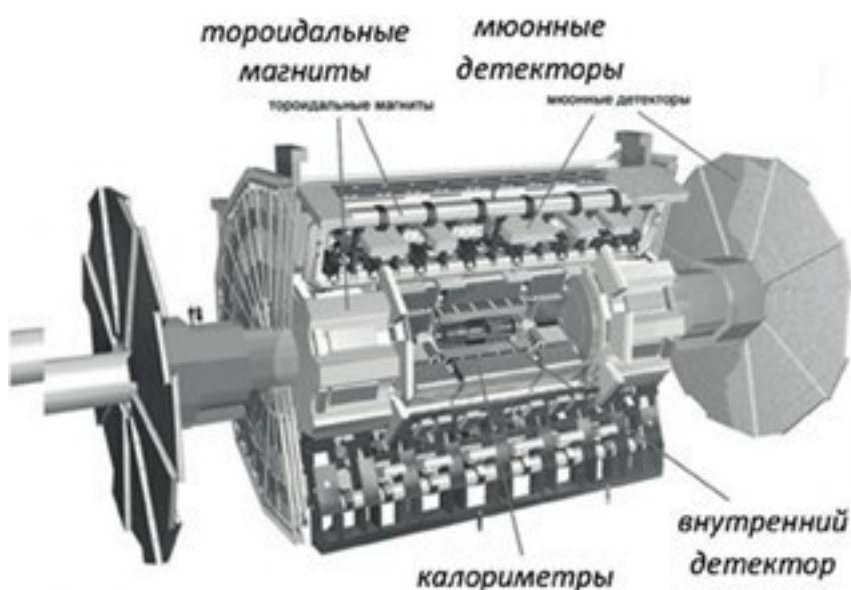


Рис. 1.11. Детектор ATLAS. Источник: <https://atlas.cern>

Нередко повторение эксперимента другими исследователями опровергает выводы, претендующие на статус открытия. Так, эксперимент по измерению скорости нейтрино, проводимый в 2011 г. в рамках проекта OPERA, давал сенсационный результат. Нейтрино – это элементарные частицы чрезвычайно малой массы, которые очень слабо взаимодействуют с веществом. В эксперименте они пролетали 732 км от ускорителя в ЦЕРНе (Швейцария) до подземного детектора OPERA (Италия) (рис. 1.12).

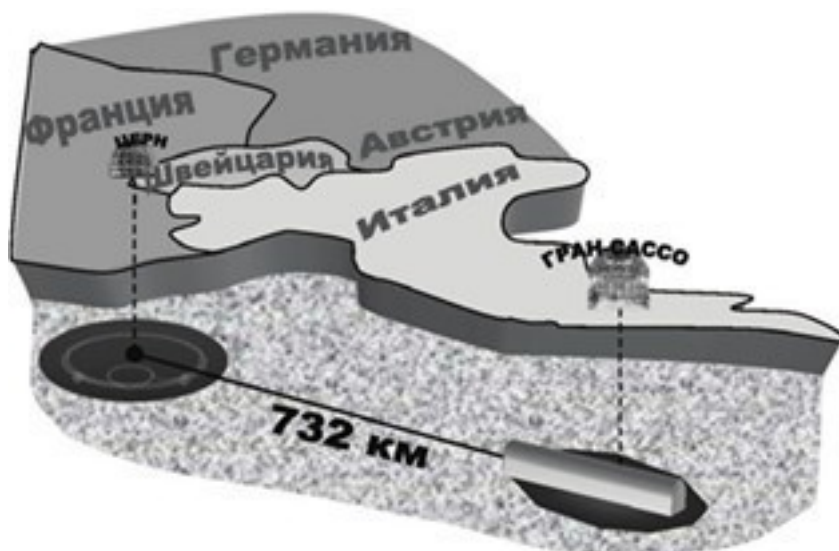


Рис. 1.12. Эксперимент по исследованию свойств нейтрино

Сенсация состояла в том, что, согласно измерениям, они пролетали это расстояние на 60 наносекунд быстрее, чем если бы они двигались со скоростью света. Это нарушало важнейшее следствие специальной теории относительности: ни один материальный объект не может двигаться со скоростью, превышающей скорость света в вакууме. Однако при попытке повторить эксперимент на трех других установках, этот результат не удалось воспроизвести, а в дальнейшем была обнаружена техническая неисправность в исходном эксперименте (плохо вставленный разъем оптического кабеля). Сенсация не прожила и года.

Этот и многие другие примеры показывает, что в науке возможны ошибки, но сама природа научного знания такова, что рано или поздно они обнаруживаются. В этом разница между учеными и псевдоучеными, уверенными в своей непогрешимости. В истории не было случая, чтобы астрологи или телепаты опровергли сами себя по какому-либо событию.

Еще одним необходимым условием научности знания выступает **критерий непротиворечивости**. Он означает, что в ходе научного исследования недопустимо одновременное утверждение взаимоисключающих посылок. В рассуждениях и выводах ученых обязательно должны соблюдаться основные законы логики. Так, не может быть признано научным положение, из которого одновременно выводится положение «А» и его отрицание «не А». Нарушение этого требования приводит к разрушению теории, так как в ней оказывается возможным любое утверждение. Критерий непротиворечивости означает, что теоретические рассуждения должны быть последовательными и лишенными противоречий.

Заметим, что на эмпирическом уровне познания критерий непротиворечивости не является обязательным. Это объясняется тем, что эмпирическое познание подразумевает исследование различных объектов или различных свойств одного объекта, которое дает результаты, которые, казалось бы, противоречат друг другу. Однако эти противоречия всегда преодолеваются на уровне теории.

Например, счетчик Гейгера фиксирует корпускулярные свойства фотонов, а радиотелескоп – их волновые свойства. На первый взгляд, эти эмпирические исследования дают противоречащие друг другу знания о природе микромира. Однако на теоретическом уровне это противоречие решается путем введения принципа корпускулярно-волнового дуализма, соотношений неопределенности В. Гейзенберга, принципа дополнительности Н. Бора и других положений квантовой механики.

Еще одно важнейшее требование, предъявляемое к научным знаниям – **критерий проверяемости теорий и гипотез**. Он означает необходимость проверки того или иного высказывания на истинность с помощью подтверждения фактами (верификации).

Этот критерий нельзя понимать слишком буквально и требовать, чтобы каждое утверждение в рамках той или иной теории допускало непосредственную экспериментальную проверку. Верификация может быть как прямой, так и косвенной. Теория представляет собой иерархическую систему, в которой утверждения нижнего уровня (следствия) логически вытекают из основных положений. Поэтому наиболее общие принципы и законы проверяются косвенно путем вывода из них утверждений, которые можно сравнить с данными наблюдений или экспериментов.

*В ходе вывода можно получить следствия, которые известны на момент построения теории, то есть объяснить известные факты, или же предсказать нечто новое. Объяснить одни и те же факты можно на основе многих гипотез, поэтому особое значение имеет **предсказательная сила** гипотезы или теории.*

Так, на основе электродинамики Максвелла можно объяснить огромный круг электрических, магнитных, электромагнитных и световых явлений, но главный довод в пользу истинности этой теории – предсказание электромагнитных волн, которое нашло блестящее экспериментальное подтверждение в опытах Г. Герца (рис. 1.13).



Рис. 1.13. Опыт Г. Герца

Предсказания пытаются делать не только ученые. Но есть существенная разница в предсказаниях ученых и псевдоученых, например, астрономов и астрологов. Астрономические законы И. Кеплера позволяют однозначно предсказать положение планет Солнечной системы в любой момент времени с поразительной точностью (рис. 1.14). Можно направить телескопы в точку с указанными координатами и убедиться в справедливости предсказаний. Со времен открытия этих законов на протяжении более 400 лет такие наблюдения неоднократно проводились и проводятся учеными и любителями астрономии, и не было ни одного случая расхождения с предсказанным положением планет.

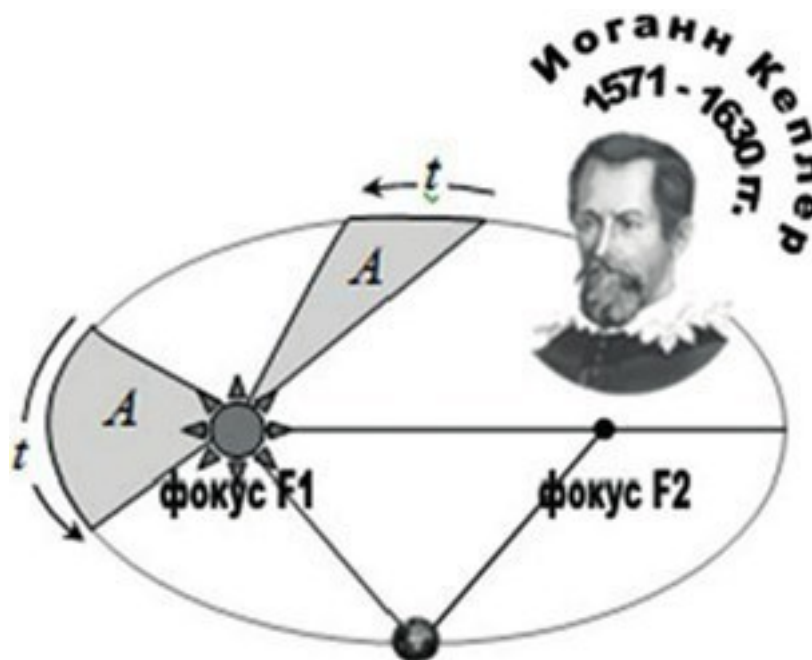


Рис. 1.14. Законы Кеплера

Астрологи пытаются подражать ученым, активно пользуются информационно-компьютерными технологиями и наукообразной терминологией. Но они не могут сделать главного – дать точные и однозначные предсказания. Не случайно, сами астрологи никогда не занимаются проверкой своих предсказаний. А проверка «со стороны» всегда обнаруживает, что даже при всей расплывчатости астрологических гороскопов, никаких совпадений между их предсказаниями и реальностью нет. Причем характеристики людей, данные разными астрологами, сильнейшим образом расходятся между собой и оказываются не точнее, чем характеристики, составленные людьми, не знакомыми с астрологией.

Иногда возражают, что и сам И. Кеплер занимался астрологией. Однако надо учесть, что это было в далеком XVII веке, а также обстоятельства жизни ученого, которые вынуждали его зарабатывать себе на жизнь этим ремеслом. Но отношение к астрологии он высказал совершенно определенное: «Конечно, эта астрология – глупая дочка; но, боже мой, куда бы делась ее мать, высокомудрая астрономия, если бы у нее не было глупенькой дочки. Свет ведь еще гораздо глупее и так глуп, что для пользы своей старой разумной матери глупая дочь должна болтать и лгать».

Критерии, которыми руководствуются ученые в своей работе. Кроме обязательных критериев выделяют еще несколько второстепенных, которые, однако, тоже важны и служат ориентирами для ученых в ходе научных исследований. К ним относят критерии простоты, красоты и фальсификации.

Критерий простоты предупреждает ученых о том, что не надо прибегать к сложным объяснениям там, где есть простые. Кратко его можно сформулировать так: «Не премножайте сущности сверх необходимости». Этот методологический принцип называют так же «бритва Оккама».

Уильям Оккама – английский философ и богослов XIV века, один из самых известных философов своего времени. В одной из своих книг он сформулировал этот принцип, предложив «сбривать» лишнюю сложность в аргументации, отсюда и название – бритва Оккама.

Например, можно объяснить движение планет Солнечной системы следующим образом: «У каждой планеты есть свой ангел, который толкает ее по орбите». Но сразу же возникает много вопросов: сколько ангелов, почему они толкают планеты именно с этой скоростью, в этом направлении, как они согласуют свои действия между собой и т.п. Намного проще (меньше сущностей) объяснить движение планет на основе закона Всемирного тяготения. Одна единственная формула (математическое выражение закона) позволяет ответить на все вопросы, касающиеся механики планетной системы путем вывода из нее следствий.

Пусть требуется объяснить происхождение необычного светящегося объекта в ночном небе. Можно, конечно, предположить, что это НЛО – космический корабль с пришельцами. Но такое объяснение требует многих дополнительных допущений: инопланетяне существуют, они способны создавать космические аппараты и управлять ими, за время своей жизни они могут добраться до Земли (или умеют размножаться во время космического путешествия), они способны противостоять космической радиации, при таком уровне технического развития они отчего-то не могут сделать свой корабль невидимым и т.п. Ученый всегда выберет более простую гипотезу: это была планета Венера (наиболее частое объяснение НЛО), запуск космического аппарата, погодный зонд и т.п. (рис.1.15).



Рис. 1.15. Планета Венера на закате, которую часто принимают за НЛО

Критерий красоты говорит о том, что красота математического аппарата, лежащего в основе физической теории, – свидетель ее правильности. Эстетический критерий гармонии, изящества и завершенности научных построений играет большое значение в работе ученых, особенно физиков-теоретиков.

Английский физик-теоретик П. Дирак писал о создании общей теории относительности А. Эйнштейна: «Основной прием, которым он руководствовался, – стремление выразить закон тяготения в наиболее изящной математической форме. Именно это стремление привело его к понятию о кривизне пространства... Основная мощь теории тяготения Эйнштейна заключается в ее исключительной математической красоте».

Существует интересная корреляция: чем больший круг объектов и явлений описывает формула, тем она проще и изящнее. Знаменитая формула $E=mc^2$ применима ко всем окружающим нас объектам, и в то же время она очень компактна и красива. А многие формулы электротехники, радиотехники, которые описывают какую-либо одну деталь, элемент схемы, и которые, несомненно, очень полезны в практическом плане, – с эстетической точки зрения весьма громоздкие и некрасивые.

Отмечая различия в понимании критерия красоты в обыденной жизни и в науке, французский математик, физик и астроном А. Пуанкаре писал: «Ученый изучает природу не потому, что это полезно: он изучает её потому, что это доставляет ему удовольствие, потому, что она прекрасна... Я, конечно, не говорю здесь о той красоте, которая поражает наши чувства, о красоте качеств и внешней формы вещей; нельзя сказать, чтобы я относился к ней с пренебрежением, – я далёк от этого, – но просто она в стороне от науки. Я говорю о той красоте, более интимной, внутренней, которая сквозит в гармоничном порядке частей и которую воспринимает только чистый интеллект...».

Критерий фальсификации (опровержения) (от лат. *falsus* – ложный) состоит в том, что любая гипотеза или теория должна допускать принципиальную возможность своего опровержения. Он был предложен австрийским и британским философом XX века Карлом Поппером. По его мнению, автор любой новой теории должен сказать: «Докажите, что я не прав», – и сам предложить идею эксперимента, который мог бы опровергнуть его теорию. Если результаты эксперимента не совпадут с предсказанными, теория окажется опровергнутой. Любую теорию, которая не может предложить способа своего опровержения, нельзя считать научной.

Так, в последнее время среди креационистов популярна доктрина сотворенной древности. Согласно этой доктрине, Земля сотворена несколько тысяч лет назад, и в ней уже тогда были заложены свидетельства значительно большего возраста (горные породы с ископаемыми остатками, деревья с годовыми кольцами, Адам с пупком и т.п.). От любого свидетельства неверности этой доктрины можно отмахнуться, сказав, что такой была сотворена Земля. Эта теория в принципе не опровержима и, следовательно, не научна.

А вот теория естественного отбора Ч. Дарвина допускает опровержение экспериментом. Ведь в результате расшифровки генома, могло оказаться, что ДНК рыб ближе к человеческой, чем ДНК шимпанзе. Это опровергло бы теорию, но экспериментальные данные, напротив, ее полностью подтверждают: нуклеотидные последовательности ДНК шимпанзе и людей совпадают более, чем на 98%.

Источники информации. В условиях огромного потока научной, околонуучной и лже-научной информации необходимо пользоваться достоверными источниками. Общеизвестными мировыми изданиями по естествознанию: журналы «Nature» и «Science». Они выходят на английском языке, содержат описания оригинальных исследований и предполагают наличие у читателя специальных знаний в соответствующей области.

Адаптированное изложение сути новых открытий для неспециалистов можно найти в таких русскоязычных журналах, как «В мире науки», «Популярная механика», «Наука и жизнь», «Квант», «Химия и жизнь», «Кот Шредингера» и на научно-популярных сайтах: элементы.ру, постнаука.ру, астронет.ру, антропогенез.ру, hi-news.ru.

Большой интерес представляют лекции ученых-просветителей: Игорь Иванов (физика), Михаил Никитин (химия), Владимир Сурдин, Сергей Попов (астрономия), Александр Марков, Станислав Дробышевский (биология) и др.

Регулярное знакомство с материалами этих источников позволяет быть в курсе последних событий в области естествознания, дает пищу для ума и доставляет огромное удовольствие.

1.4. Эмпирические методы познания

Эмпирическими (от древнегреческого *εμπειρία* [*empeiría*] – «опыт») называют методы научного познания, напрямую связанные с опытом: **наблюдение, эксперимент и измерение**.

Научное наблюдение – целенаправленное систематическое и организованное восприятие изучаемых объектов и явлений. От обыденного наблюдения (созерцания) научное наблюдение отличается тем, что имеет конкретную цель – получение нового научного знания. В отличие от эксперимента, в ходе наблюдений исследователь не вмешивается в естественный ход событий, не создает специальных условий для тех или иных изменений и не варьирует эти условия.

Эксперимент всегда более информативен, поэтому выбор наблюдения в качестве метода познания, как правило, связано с двумя обстоятельствами. Во-первых, вмешательство исследователя может быть невозможно, как, например, в случае наблюдения за звездами, галактиками, кометами и другими космическими объектами. Во-вторых, в результате вмешательства могут происходить такие изменения, которые нарушают естественный ход событий: наблюдение за прайдом львов, стаями птиц и т.п. Поэтому наблюдения широко применяются в астрономии и биологии.

Любое наблюдение опирается на работу органов чувств человека: зрение, слух, обоняние, осязание и вкус. А. Кристи шуточно писала «Как жаль, что в замочную скважину можно либо подглядывать, либо подслушивать», описывая как важны разного рода наблюдения для раскрытия преступления. Не менее важны они и для раскрытия тайн природы.

Вплоть до XVII века наблюдения ограничивались только органами чувств. С изобретением микроскопа и телескопа ситуация существенно изменилась, и сегодня успех научных наблюдений во многом определяется возможностями приборов, которые используются для наблюдений.

Примеры научных наблюдений. Основоположник микроскопии – голландский натуралист А. Левенгук (XVII век). В его времена самые сильные линзы увеличивали изображение лишь в двадцать раз. Левенгуку удалось создать «микроскоп» (по существу, это была очень сильная лупа), который увеличивал в 250-300 раз. Он состоял из бронзовой пластинки с приделанным к ней увеличительным стеклом и устройством для крепления (рис. 1.16). Увеличительные стекла Левенгука, были очень малы – величиной с крупную горошину, поэтому пользоваться ими было трудно. Несмотря на это ему удалось путем наблюдений сделать множество важных открытий.

В течение 50 лет он наблюдал, подробно зарисовывал и описывал результаты своих наблюдений за самыми разными объектами: кусочек мяса, капля дождевой воды, хвостик головастика, глаз мухи, собственная сперма, налет со своих зубов и многое-многое другое. Одно из самых важных его открытий – микроорганизмы. В 1673 году Левенгук первым из людей увидел микробов. Вот как он писал о наблюдении в микроскоп за зубным налетом: «С величайшим удивлением я увидел под микроскопом невероятное количество мелких животных и притом в таком крошечном кусочке вышеуказанного вещества, что этому почти невозможно было поверить, если не убедиться собственными глазами».



Рис. 1.16. Микроскоп А. Левенгука

Сегодня, через сотни лет, мы знаем, что «мелкие животные», которых наблюдал Левенгук, – это одноклеточные безъядерные организмы. Их называют **бактериями**. В настоящее время установлено, что организм человека населяют сотни триллионов бактерий. Их суммарный вес составляет около 2-х килограмм, а по численности они превосходят число собственных клеток человека. В совокупности с другими микроорганизмами (вирусами, археями, грибами) это целый мир, который биологи называют **микробиом** (рис. 1.17).

Микробы населяют человека подобно тому, как мы населяем планету Земля. Однако, в отличие от нас, микроорганизмы заботятся о своей «планете», образуя с ней единую экосистему. В этой экосистеме существует симбиоз (от греческого «symbiosis» – совместная жизнь) микробиома с человеком. Микробиом каждого человека уникален. Микроорганизмы помогают нам переваривать пищу, усваивать лекарства, обогревают нас, влияют на нашу гормональную и иммунную систему, на деятельность мозга, они могут как способствовать нашей жизнедеятельности, так и вызывать различные заболевания.

Не случайно журнал «Science» включил открытие микробиома в список научных прорывов XXI века. Его исследованию посвящен крупный современный международный проект «Микро-биом человека» (Human Microbiome Project). В рамках этого проекта, в частности установлено, что микробы вносят больше генов, ответственных за выживание человека, чем собственные гены людей (бактериальных генов примерно в 360 раз больше). А ведь все началось с простых наблюдений Левенгука при помощи увеличительного стёклышка размером с горошину.

Эксперимент – эмпирический метод, в ходе применения которого явления и объекты исследуются в специально созданных, контролируемых и управляемых условиях.



Рис. 1.17. Бактерии, населяющие кишечник человека

Эксперимент – важнейший метод естествознания, без которого невозможно развитие ни одной его области. Перефразируя В. Маяковского, можно утверждать: Говорим «Естествознание» – подразумеваем «Эксперимент», говорим «Эксперимент» – подразумеваем «Естествознание».

На современном этапе и многие гуманитарные науки (педагогика, психология, социология и др.) активно используют эксперимент для проведения исследований. При этом за образец берется методология естественнонаучного эксперимента. Это закономерный процесс развития и взаимопроникновения наук. Еще в Средние века Леонардо да Винчи писал, что «науки, которые не родились из эксперимента, бесполезны и полны заблуждений».

Научные эксперименты отличаются огромным разнообразием, однако в их структуре можно выделить **общие этапы** : 1) постановка цели эксперимента, 2) разработка идеи достижения цели, 3) конструирование экспериментальной установки; 4) планирование действий с экспериментальной установкой; 5) проведение эксперимента; 6) обработка экспериментальных данных.

Проиллюстрируем это положение на примере одного из экспериментов «на стыке» естественных и гуманитарных наук. Он был проведен в 2008—2010 г. врачом и ученым-исследователем Чарльзом Лимбом (США).

Цель эксперимента состояла в том, чтобы выяснить, какие участки мозга активизируются в момент творческой деятельности.

При разработке *идеи эксперимента* Ч. Лимб исходил из того, что для регистрации активности мозга можно использовать современное медицинское оборудование – магнитно-резонансный томограф (МРТ). Творчество может выражаться в разных формах (написание рассказа, научная работа и др.). Однако они продолжительны во времени и затруднительны внутри трубы томографа. В связи с этим идея состояла в том, чтобы исследовать мозг во время музыкальной импровизации. Импровизация, с одной стороны, спонтанна, то есть представляет творчество в чистом виде, с другой – ее можно ограничить приемлемыми временными рамками.

В ходе *конструирования экспериментальной установки* потребовалось разработать клавиатуру, на которой можно было бы играть, лежа на спине в узкой трубе. Наиболее удачным оказалось размещение, при котором клавиатура лежит на коленях (рис. 1.18). Но в этом случае испытуемые ее не видят, поэтому потребовалось разработать систему зеркал, которая показывала клавиатуру. Синтезатор для музыкантов изготавливался специально: необходимо было

учесть габариты томографа и влияние магнитного поля, избежать шумов и связать клавиатуру с компьютером (это заняло около двух лет).



Рис. 1.18. Экспериментальная установка в опытах по исследованию мозга в процессе творческой деятельности. Фотография с сайта jazzpeople.ru

План эксперимента состоял в том, что музыканта – добровольца помещали в томограф и подключали аппаратуру. Далее испытуемый должен был играть сначала выученное произведение, а затем импровизацию. В это время экспериментатор делал МРТ-снимки головного мозга.

В ходе эксперимента условия были непривычными для музыкантов, но смущение длилось одну-две минуты, а затем им становилось удивительно комфортно.

Обработка результатов эксперимента состояла в сравнении томограмм, соответствующих воспроизведению и импровизации. Сравнение показало, что в процессе импровизации в отличие от воспроизведения задействованы все участки мозга. Были обнаружены две особенности. Первая: латеральные префронтальные зоны, которые участвуют в осознанном самоконтроле, практически отключались. Вторая: медиальные префронтальные зоны, которые участвуют в самовыражении и автобиографических рассказах, включались в активную работу.

Классификации экспериментов. По предмету исследования различают биологические, физические, химические, астрофизические, биохимические и другие эксперименты (рис. 1.19). В этом случае названия говорят сами за себя и не требуют пояснений.

*По функциям в научном исследовании все эксперименты делят на **проверочные и исследовательские**.*

*К **проверочным** относят эксперименты, которые проверяют какую-либо гипотезу, модель, теорию. Такие эксперименты могут ставиться либо с целью их подтвердить, либо с целью – опровергнуть.* В истории естествознания нередки случаи, когда эксперименты, которые изначально планировались, как подтверждающие, оказываются опровергающими и наоборот. Например, Г. Герц, проводил свои знаменитые опыты, пытаясь опровергнуть предсказание теории Д. Максвелла о существовании электромагнитных волн. Однако вошел в историю как человек, впервые обнаруживший электромагнитные волны и подтвердивший, что их свойства полностью соответствуют предсказанным.

*К **исследовательским (поисковым) экспериментам** относят те, которые направлены на обнаружение новых, неизвестных науке явлений и свойств. В ходе проведения этих экспериментов обнаруживаются факты, которые необходимо объяснить на основе существующих теорий или разработать новые для их объяснения.*

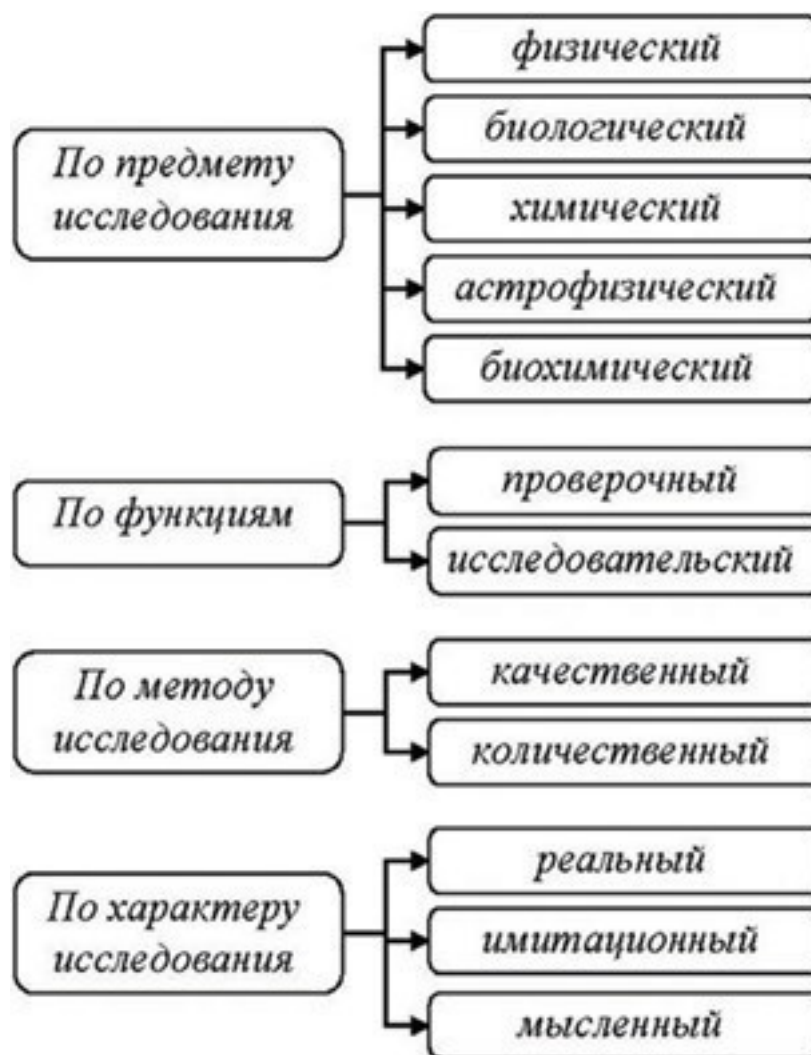


Рис. 1.19. Классификация естественнонаучных экспериментов

Примером такого эксперимента может служить открытие явления сверхпроводимости голландским физиком Каммерлинг-Оннесом (1911 г.). Ему удалось создать лучшую в мире криогенную лабораторию, в которой впервые был получен жидкий гелий (температура кипения – 4,2 Кельвина). Это очень малая температура, близкая к абсолютному нулю – 0 Кельвинов. Появилась возможность изучать свойства различных материалов при столь низких температурах. Каммерлинг-Оннес использовал эту возможность для исследования зависимости сопротивления металлов от температуры.

*Неожиданно он обнаружил, что, если охлаждать ртуть, то при температуре около 4 Кельвин (критической температуре), ее сопротивление резко падает до нуля (рис. 1.20). Это явление было названо **сверхпроводимостью**. Позднее были обнаружены и другие сверхпроводники: олово, свинец. Ток в сверхпроводящем кольце, изготовленном из этих материалов, не затухает практически все время, пока они поддерживаются при температуре, ниже критической.* Объяснение этого явления было найдено в рамках квантовой физики и носит название «теория БКШ» по именам, разработавших ее физиков (Д. Бардин, Л. Купер, Д. Шриффер).

Позднее, в 1986 году, физики К. Мюллер и Г. Беднорц, проводя исследовательские эксперименты с проводниками сложного физико-химического состава открыли еще одно явление – **высокотемпературную сверхпроводимость** (температура выше 30 Кельвин), которое не укладывалось в эту теорию и потребовало дальнейших теоретических разработок. За эту

работу К. Мюллер и Г. Беднорц были удостоены Нобелевской премии. *Особое значение этого открытия состоит в практической возможности получения сверхпроводящего состояния при охлаждении более дешевыми и удобными охладителями (жидкий азот, жидкий водород).*

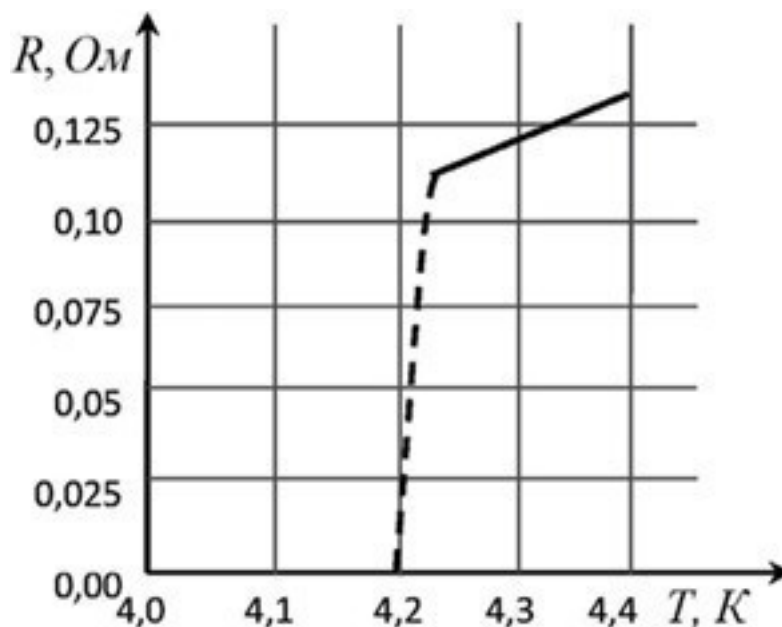


Рис. 1.20. Зависимость сопротивления ртути от температуры (переход в сверхпроводящее состояние)

По характеру исследования можно выделить

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.