

Лекция 2

Методология современного естественнонаучного исследования

Наука – исторически сложившаяся *система познания* объективных законов мира. Она нацелена на получение и систематизацию объективных знаний о действительности, на объяснение и предсказание явлений и процессов на основе открываемых ею законов. Современная наука держится на определенной *методологии* – *совокупности используемых методов и учении о методе*. В то же время каждая наука имеет не только свой особый предмет исследования, но и специфический метод, имманентный (внутренне присущий) предмету. Единство предмета и метода обосновал немецкий философ Гегель.

Следует четко представлять различия между методологиями естественнонаучного и гуманитарного познания, вытекающими из различия их предметов. В методологии естественных наук обычно не учитывается индивидуальность предмета, поскольку его становление произошло давно и находится вне внимания исследователя. Замечают только вечное круговращение. В гуманитарно-научном методе заключается постоянное взаимодействие переживания и понятия. Так, в истории наблюдают само становление предмета в его индивидуальной полноте. Отсюда специфичность методологии исторического развития. В современной науке намечается тенденция к сближению естественнонаучной и гуманитарной методологии, но все же различия, причем принципиальные, пока остаются.

Под *методологией научного исследования* понимается учение о *научных методах познания*.

Сущность научного метода можно сформулировать довольно просто: он позволяет добыть такие знания о явлениях, которые можно проверить, сохранить и передать другому. Отсюда следует, что наука оперирует не всякими явлениями, а только теми из них, которые повторяются. *Основная задача науки* – отыскать законы, согласно которым эти явления протекают. *Закон* – это *устойчивая, повторяющаяся связь явлений*. Так, физика изучает наиболее простые и общие свойства материального мира. Ее законы являются обобщением многих специально поставленных опытов, они справедливы на Земле и в Космосе, отражая материальное единство мира.

Научный метод как таковой подразделяется на методы, используемые на каждом уровне исследований. Выделяются, таким образом, *эмпирические и теоретические методы*.

К *эмпирическим методам* относятся: *наблюдение* – целенаправленное восприятие явлений объективной действительности; *описание* – фиксация средствами естественного или искусственного языка сведений об объектах; *измерение* – сравнение объектов по каким-либо сходным свойствам или сторонам; *эксперимент* – наблюдение в специально создаваемых и контролируемых условиях, что позволяет восстановить ход явления при повторении условий.

К *теоретическим методам* относятся: *формализация* – построение абстрактно-математических моделей, раскрывающих сущность изучаемых процессов действительности; *аксиоматизация* – построение теорий на основе аксиом (утверждений, доказательства истинности которых не требуется); *гипотетико-дедуктивный метод* – создание системы дедуктивно связанных между собой гипотез, из которых выводятся утверждения об эмпирических фактах.

2. 1. Естественнонаучное познание окружающего мира.

2.1.1. Процесс естественнонаучного познания

Общие сведения. В основе естественнонаучного познания окружающего мира лежит сложная работа, которая включает сочетающиеся сознательные и подсознательные элементы. А. Эйнштейн подчеркивал: «Нет ясного логического пути к научной истине, ее надо угадать некоторым интуитивным скачком мышления». Особенности и специфика сознательных и подсознательных элементов придают индивидуальный характер решению разными учеными даже одной и той же естественнонаучной проблемы.

Несмотря на индивидуальность и специфику решения научных задач, все же можно назвать вполне определенные **правила научного познания**:

- *ничего не принимать за истинное, что не представляется ясным и отчетливым;*
- *трудные вопросы делить на несколько частей, сколько нужно для их разрешения; начинать исследование с самых простых и удобных для познания вещей и восходить постепенно к познанию трудных и сложных;*
- *останавливаться на всех подробностях, на все обращать внимание, чтобы быть уверенным, что ничего не упущено.*

Эти правила впервые сформулировал **Рене Декарт** (1596–1650), французский философ, математик, физик и физиолог. Они составляют *сущность метода Декарта*, в одинаковой мере применимого для как естественнонаучного, так и для гуманитарного познания.

Достоверность научных знаний. В процессе развития естествознания всегда возникал и возникает вопрос о *достоверности* научных результатов и качестве работы ученого. Приходится констатировать, что научная продукция на своем пути к истине переполнена ошибочными результатами. Для проверки качества научной продукции производится ее контроль: *экспертиза, рецензирование и оппонирование*. Каждый из них направлен на определение достоверности научных результатов. Вместе с тем следует признать, что экспертиза,

рецензирование и оппонирование далеки от совершенства. (Например, реализация заявок на изобретения в США – менее 0.05%.) В науке и, в особенности, в естествознании есть **внутренние механизмы самоочищения**. Результаты интересные, полезные, нужные и важные волей-неволей всегда проверяются и многократно. Следует признать, что существующие способы контроля научной продукции малоэффективны, и для науки контроль не столь важен, может быть, в сущности, не нужен. Контроль нужен в большей степени обществу, государству, чтобы не тратить деньги на бесполезную работу исследователей. Большое количество ошибок в научной продукции говорит о том, что **приближение к научной истине** – сложный и трудоемкий процесс, требующий усилий многих ученых в течение длительного времени. Например, около 20 веков отделяют законы статики от правильно сформулированных законов динамики; **всего лишь на 10 страницах учебника уместается то, что добывалось в течение 20 веков**.

Истина – предмет познания. Что же означает открыть естественнонаучную истину в современном понимании? Это, во-первых, установить причинно-следственную связь явлений и свойств объектов природы, во-вторых, подтвердить экспериментом, опытом истинность полученных теоретических утверждений, в-третьих, определить относительность естественнонаучных знаний.

Одна из задач естествознания - объяснить явления, процессы и свойства объектов природы. Слово «объяснить» в большинстве случаев означает «понять». Объяснить свойство данного объекта, означает знать (понимать), чем обусловлено данное свойство, в чем его сущность и к чему оно приведет. Так образуется **причинно-следственная связь: причина – объект – следствие**. Количественное описание такой связи служит основой **научной теории**, характеризующейся четкой логической структурой и состоящей из набора аксиом и теорем со всеми возможными выводами. **По такой схеме строится любая математическая теория**. При этом конечно, предполагается создание специального научного языка, терминологии, системы научных понятий, имеющих однозначный смысл и связанных между собой строгими законами логики. Так достигается **математическая истина**.

Как достигается естественнонаучная истина? Для объяснения наблюдаемых явлений или свойств теоретические утверждения или выдвинутые гипотезы нужно **подтвердить экспериментом**, опытом и связать их с «действительным ходом вещей». Только так можно приблизиться к **естественнонаучной истине**, которая принципиально отличается от **математической истины**. После проведения эксперимента наступает завершающая стадия естественнонаучного познания, на которой устанавливаются **границы истинности** полученных экспериментальных результатов или **границы применимости** законов, теорий или отдельных научных утверждений. Результат любого эксперимента, как бы он тщательно не проводился, **не** является абсолютно точным. Неточность экспериментальных результатов обуславливается двумя факторами: **объективным и субъективным**. Один из существенных объективных факторов – **динамизм окружающего нас мира**: вспомним слова **Гераклита** – «Все течет, все изменяется; в одну и ту же реку нельзя войти дважды». Другой объективный фактор связан с **несовершенством технических средств эксперимента**. Субъективный фактор неточности естественнонаучных результатов – **человек**, проводящий эксперимент, органы чувств и интеллектуальные способности которого далеки от совершенства.

Напомним, **эмпирический подход** основан на эксперименте и опыте как определяющих источниках естественнонаучного познания. Вместе с тем эмпирические знания ограничены. Теоретические утверждения без эксперимента носят гипотетический характер. Только при подтверждении экспериментом из них рождается истинная естественнонаучная теория. **Научная теория и эксперимент** или, в обобщенном представлении, **наука и практика** – вот два кита, на которых держится ветвистое дерево познания. «Наука – полководец, а практика - солдат», - так сказал Леонардо да Винчи (1452-1519).

Сформулируем **три основных положения естественнонаучного познания**:

- 1) **в основе естественнонаучного познания лежит причинно-следственная связь;**
- 2) **истинность естественнонаучных знаний подтверждается экспериментом, опытом;**
- 3) **любое естественнонаучное знание относительно.**

Эти положения соответствуют **трем** стадиям естественнонаучного познания. На **первой стадии** устанавливается причинно-следственная связь в соответствии с **принципом причинности**. В современном понимании **причинность означает связь между отдельными состояниями видов и форм материи в процессе ее движения и развития**. Возникновение любых объектов и систем, а также изменение их свойств во времени имеют свои основания в предшествующих состояниях материи в процессе ее движения и развития; эти основания называются **причинами**, а вызываемые ими изменения – **следствиями**. **Причинно-следственная связь – основа не только естественнонаучного познания, но и любой другой деятельности человека**.

Вторая стадия познания заключается в проведении эксперимента и опыта. Естественнонаучная истина – это объективное содержание результатов эксперимента и опыта. **Критерий естественнонаучной истины – эксперимент, опыт**.

Любые естественнонаучные знания (понятия, идеи, концепции, модели, теории, экспериментальные результаты и т.п.) ограничены и относительны. Определение границ соответствия и относительности естественнонаучных знаний – это **третья стадия** естественнонаучного познания. Например, установленная **граница соответствия**, называемая иногда **интервалом адекватности**, для классической механики означает, что ее законы описывают движение макроскопических тел, скорости которых малы по сравнению со скоростью

света в вакууме. Эксперимент в большинстве случаев включает изменения. Подчеркивая важную роль измерений, **Д.И. Менделеев** писал: «Наука началась тогда, когда люди научились мерить; точная наука немислима без меры». Измерений абсолютно точных не бывает, и в связи с этим задача ученого-естествоиспытателя заключается в установлении **интервала неточности**. При совершенствовании методов измерений и технических средств эксперимента повышается точность измерений и тем самым сужается интервал неточности, и экспериментальные результаты приближаются к абсолютной истине. **Развитие естествознания – это последовательное приближение к абсолютной естественнонаучной истине.**

2.1.2. Формы естественнонаучного познания.

Единство эмпирического и теоретического познания. Каждый акт познавательного процесса включает в себя в той или иной степени как наглядно-чувственные, эмпирические, так и абстрактные, теоретические элементы. Каждый акт живого созерцания пронизан мыслью, опосредован понятиями, категориями.

Исторически путь естественнонаучного познания окружающего мира начинался с **живого созерцания – чувственного восприятия** фактов на основе практики. От **живого созерцания** человек переходит к **абстрактному мышлению**, а от него – снова к практике, в которой он реализует свои мысли, выверяет их истинность. Любое естественнонаучное исследование нуждается с самого начала в руководящих **идеях**. Они служат своего рода направляющей силой, без них естествоиспытатель не может поставить правильно ни одного эксперимента. Вместе с тем теоретическая мысль, даже безупречная по своей логической строгости, не может сама по себе вскрыть закономерности материального мира. Для своего эффективного движения она должна постоянно получать стимулы, толчки, факты из окружающей действительности через наблюдения, эксперименты, т.е. посредством **эмпирического познания**.

Эмпирическое и теоретическое познание – это единый процесс, характерный для любого естественнонаучного исследования на любой его стадии.

Чувственные формы познания. Познание действительности осуществляется в разных формах, из которых первой и простейшей является **ощущение**.

Ощущение – это простейшие чувственные образы, отражения, копии или своего рода фотографии отдельных свойств предметов.

Ощущения возникают под влиянием процессов, исходящих из внешней по отношению к человеку среды и действующих на наши органы чувств. Внешними раздражителями являются звуковые и световые волны, механическое давление, химическое воздействие и т.д.

Любой предмет обладает множеством самых разнообразных свойств. Все эти свойства объединены в одном предмете, и мы воспринимаем и осмысливаем их как единое целое.

Целостный образ, отражающий непосредственно воздействующие на органы чувств предметы, их свойства и отношения, называется восприятием.

Восприятие у человека включает в себя осознание, осмысление предметов, их свойств и отношений, основанное на вовлечении каждый раз вновь получаемого впечатления в систему уже имеющихся знаний.

Жизнь, необходимость ориентировки организма в мире макроскопических целостных вещей и процессов организовала наши органы чувств так, что мы воспринимаем вещи как бы суммарно. Ограниченность, например, зрительного или осязательного восприятия является практически целесообразной и дает возможность лучше отражать макроструктуру. Иначе мы бы не увидели вещей и их границ. Так устроен мир!

Процессы ощущения и восприятия оставляют после себя «**следы**» в мозгу, суть которых состоит в способности воспроизводить образы предметов, которые в данный момент не воздействуют на человека.

Способность мозга запечатлевать, сохранять воздействие или сигналы внешней среды и в нужный момент воспроизводить их называется памятью.

Память играет очень важную познавательную роль в жизни человека. В результате восприятия внешних воздействий и сохранения их во времени памятью возникают **представления**.

Представления – это образы тех объектов, которые когда-то воздействовали на органы чувств человека, и при отсутствии объектов восстанавливаются по сохранившимся в мозгу следам.

Ощущения и восприятия – начало возникновения сознательного отражения. **Память закрепляет и сохраняет полученную информацию. Представление – психическое явление**, в котором сознание впервые отрывается от своего непосредственного источника и начитает существовать как **субъективное явление**. В нем уже теряется непосредственная чувственная данность объекта сознания. **Представление – промежуточная ступень при переходе от ощущения к мысли.**

Научный факт. Необходимое условие естественнонаучного исследования состоит в установлении фактов. **Эмпирическое познание** поставляет науке факты, фиксируя при этом устойчивые связи, закономерности окружающего нас мира. Простая констатация факта держит наше сознание на уровне бытия. **Констатация бытия объекта – первая, очень низкая ступень познания.** Факты приобретают силу научного основания для построения той или иной теории в том случае, если они не только достоверно устанавливаются, разумно отбираются, но и рассматриваются в их научной связи. Однако постижение действительности невозможно без построений теорий. Без теоретического осмысления невозможно целостное восприятие действительности, в рамках которого многообразные факты укладывались бы в некоторую единую систему.

Сущность естественнонаучного познания окружающего мира заключается не только в описании и объяснении многообразных фактов и закономерностей, выявленных в процессе эмпирических исследований

исходя их установленных законов и принципов, а выражается также и в стремлении естествоиспытателей раскрыть гармонию мироздания.

Наблюдение и эксперимент. Важнейшими методами естественнонаучного исследования являются наблюдение и эксперимент.

Наблюдение – *преднамеренное, планомерное восприятие, осуществляемое с целью выявить существенные свойства объекта познания.*

Наблюдение относится к активной форме деятельности, направленной на определенные объекты и предполагающей формулировку целей и задач. **Наблюдение** требует специальной подготовки – предварительного ознакомления с материалами, относящимися к объекту будущего наблюдения, постановки задачи наблюдения, требований, которым оно должно удовлетворять, предварительная подготовка плана и способов наблюдения.

Эксперимент – *метод, или прием, исследования, с помощью которого объект или воспроизводится искусственно, или ставится заранее в определенные условия.*

Метод изменения условий, в которых находится исследуемый объект, – *это основной метод эксперимента.* Изменение условий позволяет вскрыть причинную зависимость между заданными условиями и характеристиками исследуемого объекта и одновременно обнаружить те новые свойства объекта, которые не проявляются в обычных условиях, проследить характер изменений наблюдаемых свойств, в связи с изменением условий. **Эксперимент, таким образом, не сводится к простому наблюдению, – он активно вмешивается в реальность, изменяет условия протекания процесса.**

Технические средства эксперимента. Естественнонаучное экспериментальное исследование немыслимо без создания разнообразных технических средств, включающих многочисленные приборы, инструменты и экспериментальные установки. Прогресс естественнонаучного познания существенно зависит от развития используемых наукой технических средств.

Первые закономерности в природе были установлены, как известно, в движении небесных тел и были основаны на **наблюдениях**, осуществляемых невооруженным глазом. **Галилей** (1564-1642) прославился в науке не только своими оригинальными исследованиями механических явлений, но изобретением подзорной трубы. Сегодня астрономия немыслима без разнообразных телескопов, в том числе и радиотелескопов.

Огромную роль в развитии биологии сыграл **микроскоп**, открывший человеку многие тайны живого мира. Сегодняшние технические средства дают возможность осуществить эксперимент на молекулярном, атомном и ядерном уровнях. Техника современного эксперимента состоит не только из высокочувствительных приборов, но и из специальных, сложных экспериментальных установок. Например, для изучения атомного ядра строятся огромные экспериментальные сооружения – синхротроны.

Наукой сегодня активно используются для проведения экспериментов космические корабли, подводные лодки, различного рода научные станции, специальные заповедники. Успехи естествознания тесно связаны с усовершенствованием методов и средств измерения, с усовершенствованием приборов и установок, которые позволяют с все возрастающей гибкостью и изощренностью изменять условия наблюдения и эксперимента. За последние десятилетия создана мощная вычислительная техника, которая не только составляет неотъемлемую часть современного экспериментального оборудования, но и включена теснейшим образом в сам **процесс мышления**.

Мышление. **Мышление** – *высшая ступень познания.* Хотя его источник – **ощущения и восприятие**, но оно выходит за их границы и позволяет формировать знания о таких объектах, свойствах и явлениях, которые недоступны органам чувств.

Мышление – *целенаправленное, опосредованное и обобщенное отражение в мозгу человека существенных свойств, причинных отношений и закономерных связей вещей.*

Основными формами мышления являются **понятия, суждения и умозаключения**.

Понятие – *это мысль, в которой отражаются общие и существенные свойства объектов и явлений.*

В отличие от ощущений, восприятия и представлений понятия лишены наглядности и чувственности. Содержание понятия зачастую невозможно представить в виде наглядного образа. Например, невозможно представить в виде чувственного образа такие понятия, как добро, зло, красота, закон, скорость света, мысль и т.п. Но все это можно понять.

Понятия возникают и существуют в определенной связи, в виде суждений.

Суждение – *форма мысли, в которой посредством связи понятий утверждается (или отрицается) что-либо и чем-либо.*

Например, мысль, выраженная предложением «ядро – составная часть атома», есть суждение, в котором о ядре высказывается мысль, что ядро входит в состав атома. По отношению к действительности суждения оцениваются как истинные или ложные. Истинность и ложность мыслей проверяется практикой.

К тому или иному суждению можно прийти путем непосредственного наблюдения какого-либо факта или опосредованным путем – с помощью умозаключения.

Умозаключение – *форма рассуждения, в ходе которого из одного или нескольких суждений, называемых предпосылками или посылками, выводится новое суждение (заключение или следствие), логически непосредственно вытекающее из посылок.*

Пример: «Если данное тело подвергнуть трению, то оно нагревается; тело подвергли трению, значит, оно нагрелось».

Первый существенный признак мышления заключается в том, что оно есть процесс опосредованного познания объектов. На основании видимого, слышимого и осязаемого естествоиспытатель проникает в невидимое, неслышимое и неосязаемое. **Именно на таком опосредованном познании основана вся наука.**

Теоретическое мышление. Опосредованный характер мышления заключается еще и в том, что человек познает действительность не только в результате своего личного опыта, но и косвенным путем, овладевая исторически накопленным опытом и знаниями всего человечества, которые зафиксированы, например, в памятниках письменности.

Одна из важных задач естественнонаучного познания – **обобщение** всего известного об окружающем мире. Эксперимент и наблюдение дают огромное многообразие данных, порой несогласованных между собой и даже противоречивых. Главная задача **теоретического мышления** – привести полученные данные в стройную систему и создать из них научную картину мира, лишенную логического противоречия.

Важной формой **теоретического мышления** является **гипотеза** – предположение, исходящее из ряда фактов и допускающее существование объекта, его свойств, определенных отношений.

Гипотеза – это вид умозаключения, пытающегося проникнуть в сущность еще недостаточно изученной области действительности.

Гипотеза требует проверки и доказательства, после чего она приобретает характер **теории**.

Теория – система обобщенного знания, объяснения тех или иных сторон окружающего мира.

Например, утверждение об атомном строении материи было долгое время гипотезой. Подтвержденная опытом, эта гипотеза превратилась в достоверное знание – теорию атомного строения материи.

Описание, объяснение, предвидение. **Эмпирическое познание** имеет дело с фактами и их описанием. В процессе **теоретического мышления** познание идет от фактов и их описания к интерпретации, объяснения этих фактов. Первым и необходимым условием объяснения фактов является их **понимание**, т.е. осмысление фактов в системе понятий данной науки. **Понять явление** – значит, выявить те особенности, благодаря которым оно играет определенную роль в составе целого, раскрыть способ его возникновения.

Эмпирическое познание констатирует, **как** происходит событие. **Теоретическое познание** отвечает на вопрос, **почему** оно происходит именно таким образом. **Эмпирическое познание** ограничивается описанием, фиксацией результатов наблюдения и эксперимента с помощью соответствующих средств записи информации, таблиц, схем, графиков, количественных показателей и т.п. **Описание** фиксирует и организует факты, дает их качественную и количественную характеристику, вводит факты в систему выработанных данной наукой понятий, категорий, подготавливает фактический материал для объяснения.

Теоретическое познание – это, прежде всего, **объяснение** причины явлений. Это предполагает выяснение внутренних противоречий вещей, предсказание вероятного и необходимого наступления событий и тенденций их развития. Например, предсказание **Д. Максвеллом** электромагнитных волн, **Д.И. Менделеевым** (1834-1907) – новых химических элементов. Из релятивистской теории движения электрона, предложенной **Полем Дираком** (1902-1984), вытекало предвидение существование нового объекта – **позитрона** (элементарная частица с положительным электрическим зарядом, **античастица** по отношению к электрону). Тот или иной **закон** может быть предсказан на основании существующей теории. Однако есть и другой, в определенном смысле противоположный путь предвидения **закона** – вывод его из эмпирических данных. Так рождается **эмпирический закон**. Теоретически предсказанный закон подтверждается эмпирически, а эмпирический закон, как правило, обосновывается теоретически.

Существуют **интуитивные предвидения**, для которых основания не представляются явно. Такие предвидения характерны для исследователей – крупных специалистов в своей области, и для них существенную роль играет подсознательная деятельность мозга.

2.1.3. Методы и приемы естественнонаучных исследований

Понятие методологии и метода. В современном понимании

Методология – учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности. В частности, методология естествознания – это учение о принципах построения, формах и способах естественнонаучного познания.

Метод – совокупность приемов, или операций, практической или теоретической деятельности.

Метод неразрывно связан с теорией: любая система объективного знания может стать методом. Неразрывная связь метода и теории выражается в методологической роли естественнонаучных законов. Например, законы сохранения в естествознании составляют методологический принцип, требующий обязательного их учета при соответствующих теоретических операциях. **Важен не только хороший метод, но и мастерство его применения.**

Важным принципом классификации является сфера **использования метода**: применение не только в науке, но и в других областях человеческой деятельности: применение во всех областях науки, применение в отдельных разделах науки (специфические методы). Соответственно, существуют **всеобщие, общенаучные и конкретно-научные методы**.

К **всеобщим методам** относятся

Анализ – расчленение целостного предмета на составные части (стороны, признаки, свойства или отношения) с целью их всестороннего изучения;

Синтез – соединение ранее выделенных частей предмета в единое целое;

Абстрагирование – отвлечение от ряда несущественных для данного исследования свойств и отношений изучаемого явления с одновременным выделением интересующих нас свойств и отношений;

Обобщение – прием мышления, в результате которого устанавливаются общие свойства и признаки объектов;

Индукция – метод исследования и способ рассуждения, в котором общий вывод строится на основе частных посылок;

Дедукция – способ рассуждения, посредством которого из общих посылок с необходимостью следует заключение частного характера;

Аналогия – прием познания, при котором на основе сходства объектов в одних признаках заключают об их сходстве и в других признаках;

Моделирование – изучение объекта (оригинала) путем создания и исследования его копии (модели), замещающей оригинал с определенных сторон, интересующих исследователя;

Классификация – разделение всех изучаемых предметов на отдельные группы в соответствии с каким-либо важным для исследователя признаком (особенно часто используется в описательных науках – многих разделах биологии, геологии, географии, кристаллографии и т.п.).

Большое значение в современной науке приобрели **статистические методы**, позволяющие определять средние значения, характеризующие всю совокупность изучаемых предметов. «Применяя статистический метод, мы не можем предсказать поведение отдельного индивидуума совокупности, мы можем только предсказать вероятность того, что он будет вести себя некоторым определенным образом... Статистические законы можно применять только к большим совокупностям, но не к отдельным индивидам, образующим эти совокупности» (А. Эйнштейн, Л. Инфельд).

Характерной особенностью современного естествознания является также то, что методы исследования все в большей степени влияют на его результат (так называемая «проблема прибора» в квантовой механике).

2.1.4. Научное открытие и доказательство

Логика открытия. Логический путь научного и технического творчества, связанного с открытием, чаще всего начинается с возникновения догадки, идеи, гипотезы. Выдвинув идею, сформулировав задачу, ученый ищет ее решение, а затем уточняет ее путем расчетов, проверки опытом.

Открытие – *установление новых, ранее неизвестных закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания.*

Пути, ведущие к открытию, действительно причудливы. На такие пути иногда наводит случай, иногда «озарение». Фундамент любого открытия и изобретательства – это общечеловеческий и личный опыт.

Открытие как разрешение противоречий. Одна из характерных особенностей творческой работы состоит в разрешении противоречий. Любое научное открытие или изобретение представляет собой создание нового, неизбежно связанного с отрицанием старого. В этом заключается диалектика развития мысли. Творческий процесс вполне логичен. Выстраивается логическая цепь операций, в которой одно звено закономерно следует за другим: *постановка задачи, предвидение идеального конечного результата, отыскание противоречия, мешающего достижению цели, открытие причины противоречия и, наконец, разрешение противоречия.*

Сделать открытие – значит правильно установить надлежащее место нового факта в системе теории в целом, а не просто обнаружить его. Когда новые факты вступают в противоречие с существующей теорией, то логика мысли теми или иными путями разрешает это противоречие и при этом всегда в пользу требований новых фактов. Их осмысление ведет к построению новой теории.

Творческое воображение и интуиция. Творческое воображение позволяет по едва заметным или совсем не заметным для простого глаза деталям, единичным фактам улавливать общий смысл новой конструкции и пути, ведущие к ней. Существенное значение в воспитании творческого воображения играет *искусство*. И далеко не случайно, что ряд крупных физиков и математиков считают красоту и развитое чувство красоты эвристическим принципом науки, существенным атрибутом *научной интуиции*. Многие ученые утверждают, что, в частности, музыка способствует развитию интуиции, т.е. умению видеть и преобразовывать в своем воображении факты так, что в них прослеживается гармония закономерного. Понятие интуиции сближает научное творчество с художественным.

Интуиция – *способность постижения истины путем прямого ее усмотрения без обоснования с помощью доказательств.*

Результаты интуитивного постижения нуждаются в логическом доказательстве своей истинности.

Доказательство. Характерная форма научного мышления – доказательство. Во всяком доказательстве имеются: тезис, основания доказательства (аргументы) и способ доказательства.

Тезисом называется положение, истинность и ложность которого выясняется посредством доказательства. **Доказательство**, посредством которого выясняется ложность, называется **опровержением**.

Все положения, на которые опирается доказательство и из которых необходимо следует истинность доказываемого тезиса, называются **основаниями** или **аргументами**. Основания состоят из положений о достоверных фактах, определений, аксиом и ранее доказанных положений.

Аксиомы – положения, не доказываемые в данной науке и играющие в ней роль допускаемых оснований доказываемых истин.

Связь оснований и выводов из них, имеющая результатом необходимое признание истинности доказываемого тезиса, называется **способом доказательства**.

2.2 Эксперимент – критерий истины.

Практическая направленность эксперимента. Эксперимент является фундаментальной базой естествознания, наиболее эффективным и действенным средством познания. Для современного эксперимента характерны **три** основные особенности:

- 1) возрастание роли теории при подготовке эксперимента;
- 2) сложность технических средств эксперимента, состоящих из многофункциональной электронной аппаратуры, прецизионных механических устройств, высокочувствительных приборов и т.п.;
- 3) масштабность эксперимента.

Любой эксперимент базируется на взаимодействии субъекта с исследуемым объектом, и часто включает операции наблюдения, приводящие не только к качественным, описательным, но и к количественным результатам, требующим дальнейшей математической обработки. С этой точки зрения, **эксперимент – разновидность практического действия, предпринимаемого с целью получения знаний**. Основная задача эксперимента заключается в проверке гипотез и выводов теорий, имеющих фундаментальное и прикладное значение. Являясь **критерием естественнонаучной истины**,

эксперимент представляет собой основу научного познания окружающего мира.

Хотя **эксперимент и наблюдение** относятся к эмпирическим формам естественнонаучного познания, между ними есть существенное различие: **эксперимент** – преобразующая внешний мир деятельность человека, а **наблюдению** свойственны черты созерцательности и чувственного восприятия исследуемого объекта.

В процессе естественнонаучного эксперимента часто прибегают к **моделированию** исследуемого объекта и создают для него различные управляемые условия. Для этого наряду с моделирующим объектом изготавливаются специальные установки и устройства: барокамеры, термостаты, магнитные ловушки, ускорители и т.п., – обеспечивающие сверхнизкие и сверхвысокие температуры и давления, вакуум и другие условия. В некоторых случаях **моделирование** – единственно возможное средство для эксперимента.

Многие экспериментальные исследования направлены на отработку технологий производства новых видов разнообразной продукции, что еще раз подчеркивает практическую направленность эксперимента как непосредственного способа отработки и совершенствования любого технологического цикла.

Экспериментальные средства по своему содержанию не однородны, их можно разделить на **три** основные, функционально отличающиеся системы:

- 1) систему, содержащую исследуемый объект с заданными свойствами;
- 2) систему, обеспечивающую воздействие на исследуемый предмет;
- 3) сложную приборную измерительную систему.

Чем сложнее экспериментальная задача, тем острее проблема повышения **достоверности** полученных результатов. Можно назвать **четыре** пути решения данной проблемы:

- 1) многократное повторение результатов измерений;
- 2) совершенствование технических средств и приборов, повышение их точности, чувствительности и разрешающей способности;
- 3) более строгий учет основных и неосновных факторов, влияющих на исследуемый объект;
- 4) предварительное планирование эксперимента, позволяющее наиболее полно учесть специфику исследуемого объекта и возможности приборного обеспечения.

Чем тщательнее предварительно проанализированы все особенности исследуемого объекта и управляемые внешние условия, чем чувствительнее и точнее приборы, тем достовернее экспериментальные результаты.

В любом естественнонаучном эксперименте можно выделить **три** основных этапа:

- 1) подготовительный;
- 2) сбор экспериментальных данных;
- 3) обработка результатов эксперимента и их анализ.

Подготовительный этап обычно сводится к теоретическому обоснованию эксперимента, его планированию, изготовлению образца или модели исследуемого объекта, конструированию и созданию

технической базы, включающей приборное обеспечение. Результаты, полученные на хорошо подготовленной экспериментальной базе, как правило, легче поддаются сложной математической обработке. Анализ результатов эксперимента позволяет оценить тот или иной параметр исследуемого объекта и сопоставить его с известным теоретическим либо экспериментальным значением, полученным другими техническими средствами, что очень важно при определении правильности и степени достоверности окончательных результатов.

Обработка экспериментальных результатов. После сбора первых экспериментальных данных процедура эксперимента продолжается. Отдельные экспериментальные данные, полученные на начальной стадии, могут содержать ошибки, связанные с некорректной постановкой эксперимента, неправильными показаниями измерительных приборов, отклонениями в функционировании органов чувств и т.д. Поэтому, как правило, проводится не один эксперимент, а серия экспериментов, в которых уточняются и проверяются результаты измерений, собираются недостающие сведения, проводится их предварительный анализ. Затем полученные экспериментальные данные обрабатываются в рамках математической теории ошибок, позволяющей количественно оценить достоверность окончательных результатов. Задача экспериментатора заключается в том, чтобы приблизить экспериментальные данные к объективным значениям определяемых величин, т.е. уменьшить **интервал неточности**.

Современная **статистическая теория ошибок** вооружает экспериментаторов надежными средствами корректировки экспериментальных данных. **Статистическая обработка** – не только эффективное средство уточнения экспериментальных данных, отсеивания случайных ошибок, но и первый шаг обобщения их в процессе формирования научного факта.

После уточнения экспериментальных результатов начинается их сравнение и обобщение, которое еще не означает окончательного установления научного факта. Вновь зафиксированное явление или свойство объекта становится научным фактом только после его интерпретации. Таким образом, научный факт, полученный в эксперименте, представляет собой результат обобщения совокупности выводов, основанных на наблюдениях и измерениях характеристик исследуемого объекта при предсказании их в виде гипотезы.

2.2.1. Современные средства естественнонаучных исследований

Специфика современных экспериментальных и теоретических исследований. На всех этапах эксперимента естествоиспытатель руководствуется в той или иной форме теоретическими знаниями. В XX веке в силу ряда объективных причин основной профессиональной деятельностью некоторых ученых стала исключительно теоретическая работа. (М. Планк).

Произошло, таким образом, деление естествоиспытателей на профессиональных теоретиков и экспериментаторов. Такой процесс активизировался во второй половине XX века. Одна из объективных причин профессиональной обособленности экспериментаторов и теоретиков заключается в том, что современные технические средства довольно сложны. Экспериментальная работа требует концентрации больших усилий, поэтому в большинстве случаев она выполняется целым коллективом научных работников. Уже в 60-е годы XX века наметился разрыв между теорией и экспериментом, между теорией и практикой, Отрыв теоретической науки от жизни, с одной стороны, а с другой – недостаточно высокое качество экспериментальных работ, конечно, нарушает естественное гармоническое развитие естествознания, возможное только при условии, что теория опирается на современную экспериментальную базу, включающую всевозможное оборудование, большой набор высокочувствительных приборов, специальных материалов и т.п. Темпы развития естествознания определяются в основном степенью совершенства такой экспериментальной базы.

Отрыв теории от эксперимента, практики наносит громадный ущерб, прежде всего самой теории и, следовательно, науке в целом. Ярким примером отрыва теории от эксперимента может служить отношение к **кибернетике**, Признав кибернетику лженаукой в конце 40-х – начале 50-х годов вряд ли стало возможным освоение космоса и создание современных наукоемких технологий. **Всякое теоретическое обобщение должно непременно проверяться экспериментом.** Только гармоничное развитие эксперимента и теории способно поднять на качественно новый уровень все отрасли естествознания.

Современные методы и технические средства эксперимента. Экспериментальные методы и технические средства современных естественнонаучных исследований достигли высокой степени совершенства. Многие из них основаны на физических принципах. Однако их практическое применение выходит далеко за рамки физики: они широко применяются в химии, биологии и многих смежных естественнонаучных отраслях. С появлением лазерной техники, компьютеров, спектрометров открылась возможность экспериментального исследования неизвестных ранее явлений природы, свойств материальных объектов, быстротекущих физических, химических и биологических процессов.

Лазерная техника. Весьма важны **три** направления развития лазерной техники:

- 1) разработка лазеров с перестраиваемой длиной волны излучения;
- 2) создание ультрафиолетовых лазеров;
- 3) сокращение длительности импульса лазерного излучения на аттосекунд ($1\text{ас}=10^{-18}\text{с}$).

Синхротронные источники излучения. С помощью синхротронного излучения можно исследовать структуру твердого тела, определить расстояние между атомами, изучить строение молекул органических соединений и т.п.

Методы расшифровки сложных структур. Современные методы ядерного магнитного резонанса, оптической спектроскопии, масс-спектропии, рентгеноструктурного анализа, нейтронографии и т.п. позволяют исследовать состав и структуру необычайно сложных молекул органических и неорганических веществ.

Важнейшие достижения современного естествознания

В последние десятилетия, благодаря развитию технических средств эксперимента, достигнуты значительные успехи в естествознании. Можно назвать важнейшие из них: высокотемпературная сверхпроводимость, химические лазеры, молекулярные пучки, атомный лазер, нанотехнология, расшифровка генома человека и т.п. – большинство которых отмечено Нобелевской премией.

Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение сверхпроводников позволит существенно сократить рассеяние энергии в различного рода электрических цепях и особенно при электропередаче, потери которой в настоящее время составляют около 20%.

Химические лазеры. Мощные химические лазеры позволяют разрабатывать специализированные технологические системы. Благодаря энергетической автономии и большой удельной энергии химические лазеры найдут применение при освоении новых технологий в космосе.

Атомный лазер.

Молекулярные пучки.

Технология атомных размеров (нанотехнология).

Геном человека

Смена фундаментальных парадигм естествознания.

Вопрос о смене научных концепций является одним из наиболее злободневных в современной методологии науки. В первой половине XX в. основной структурной единицей исследования признавалась теория, и вопрос о ее смене ставился в зависимости от ее верификации (эмпирического подтверждения) или фальсификации (эмпирического опровержения). Главной методологической проблемой считалась проблема сведения теоретического уровня исследований к эмпирическому, что в конечном счете оказалось невозможным.

В начале 60-х годов XX в. американский ученый Т. Кун выдвинул концепцию, в соответствии с которой теория до тех пор остается принятой научным сообществом, пока не подвергается сомнению основная парадигма (установка, образ) научного исследования в данной области. Динамика науки была представлена Куном следующим образом:

Старая парадигма → нормальная стадия развития науки → революция в науке → новая парадигма

Парадигмальная концепция развития научного знания затем была конкретизирована с помощью понятия «исследовательской программы» как структурной единицы более высокого порядка, чем отдельная теория. В рамках исследовательской программы и обсуждается вопрос об истинности научных теорий.

Более высокой структурной единицей является естественнонаучная картина мира, которая объединяет в себе наиболее существенные естественнонаучные представления эпохи.

Понятия «научная парадигма» и «научная революция»

Научная парадигма – это совокупность предпосылок, определяющих данное конкретное исследование, признанных на данном этапе развития науки и связанных с общефилософской направленностью. Понятие парадигмы появилось в работе Т. Куна «Структура научных революций». В переводе оно означает «образец», совокупность признанных всеми научными достижениями, определяющих в данную эпоху модель постановки научных проблем и их решений. Это – образец создания новых теорий в соответствии с принятыми в данное время. В рамках парадигмы формулируются общие базисные положения, используемые в теории, задаются идеалы объяснения и организации научного знания. Работа в рамках парадигмы способствует уточнению понятий, количественных данных, совершенствованию эксперимента, позволяет выделить явления или факты, которые не укладываются в данную парадигму и могут послужить основой для новой. Но парадигмы функционируют в рамках научных программ, а научные программы – в рамках культурно-исторического целого. И это культурно-историческое целое определяет ценность той или иной проблемы, способ ее решения, позицию государства и общества по отношению к запросам ученых.

Понятие «**научная революция**» (НР), в приложении к развитию науки, означает изменение всех ее составляющих – фактов, законов, методов, научной картины мира. Поскольку факты не могут быть изменяемы, то речь идет об изменении их объяснения.

Основные черты **научной революции** таковы: необходимость теоретического синтеза нового экспериментального материала; коренная ломка существующих представлений о природе в целом; возникновение кризисных ситуаций в объяснении фактов. По своим масштабам научная революция может быть **частной**, затрагивающей одну область знания; **комплексной** – затрагивающей несколько областей знаний; **глобальной** – радикально меняющей все области знания. Глобальных научных революций в развитии науки считают **три**. Если связывать их с именами ученых, труды которых существенны в данных революциях, то это – **аристотелевская, ньютоновская и эйнштейновская**.

Будущее науки. Совершенно очевидно, что для гармоничного развития общества в нем, в соответствии с его потребностями и возможностями, должны развиваться такие структуры, как наука. Мы сегодня понимаем,

что научное знание о человеке и об обществе существенно уступает по своей эффективности естествознанию, и предполагаем, что «большая наука» включит в естественнонаучную картину мира «точное» знание о человеке. Можно с уверенностью сказать, что математика остается основным инструментом точного естествознания, все более расширяя свое представление во многие сферы практической деятельности. Уже сегодня, в XXI в., «математизация» различных областей науки вместе с быстрым прогрессом вычислительной техники привела к появлению целого ряда математических дисциплин (теория алгоритмов, теория информации, исследование операций, теория игр, программирование), закладывающих основы для автоматизации интеллектуальных сфер человеческой деятельности.

Трудно сказать в деталях, какой будет наука в XXI веке. Известно одно: человек всегда может больше, чем умеет. Быть может, наука из предметной станет наукой проблем и процессов, о чем в 40-е годы XX века говорил В.И. Вернадский. Возможно, успешное проникновение математических методов в гуманитарные ведет к принципиальной способности научного метода решать и гуманитарные проблемы. Наконец, уже имеют место объективные причины гуманитаризации науки. Это, прежде всего, - выявление в самой структуре научного знания неформализуемых, внелогичных элементов, которые совершенно неустранимы; это и осознание важности роли интуитивного обобщающего суждения. Все это вместе и есть выявление фундаментальной роли «человеческого фактора» в «точных» науках.

Таблица 2.1.

1. Связь технических достижений с естественными науками.

Технические достижения

Атомная бомба
Выход в космос
Создание компьютеров
Видеотехника
Создание синтетических материалов
«Зеленая революция»

Наука

Ядерная физика
Космонавтика
Кибернетика
Радиоэлектроника
Химия
Генетика

2. Причины тесной связи современной науки с техникой.

- А. Наличие единой методологии научных исследований и технических разработок.
- Б. Сращивание науки и техники в единую систему.
- В. Становление науки как производительной силы общества.
- Г. Разработка принципов научной организации труда.

Таблица 2.2.

Структура научного познания:

Эмпирический факт → научный факт → наблюдение → реальный эксперимент → модельный эксперимент → мысленный эксперимент → фиксация результатов эмпирического уровня исследований → эмпирическое обобщение → использование имеющегося теоретического знания → образ → формулирование гипотезы → проверка ее на опыте → формулирование новых понятий → введение терминов и знаков → определение их значения → выведение закона → создание теории → проверка ее на опыте → принятие в случае необходимости дополнительных гипотез.

Таблица 2.3.

Структура, методы и принципы научного исследования:

Практический факт (упало яблоко) → Эмпирический предмет исследования (абстрагирование) → Наблюдение (телескоп, микроскоп, радиотелескоп) → Эксперимент (мысленный, реальный, модельный) → Эмпирическое обобщение (представление, индукция) → Теоретические предмет исследования (анализ) → Образ → Гипотеза (интуиция) → Формула (математическое моделирование) → Теория (дискуссия) → Следствия (дедукция) → Эмпирическая проверка (верификация, фальсификация) → Ad hoc гипотезы → Научный закон (синтез) → Новые факты → Новые эксперименты → Новая теория → Изменение парадигмы (исследовательской программы) → Научная революция

