

Высшее профессиональное образование

БАКАЛАВРИАТ

ЕСТЕСТВЕННО- НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА

Рекомендовано

Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена» к использованию в образовательных учреждениях, реализующих образовательные программы высшего профессионального образования, в качестве учебника по направлению подготовки «Педагогическое образование»



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 502/504(075.8)
ББК 2я73
Е862

Рецензенты:

чл.-кор. РАН, д-р хим. наук *Э. А. Пастухов* (Учреждение РАН,
институт металлургии Уральского отделения РАН);
д-р физ.-мат. наук *В. П. Бескачко*
(и. о. зав. кафедрой Общей и теоретической физики
Национального исследовательского университета ГОУ ВПО
«Южно-Уральский государственный университет»)

Авторы:

Э. В. Дюльдина, С. П. Клочковский, Б. Р. Гельчинский,
О. С. Габриелян, Н. И. Барышникова

Естественно-научная картина мира : учебник для студ.
Е862 учреждений высш. пед. проф. образования / Э. В. Дюльдина,
С. П. Клочковский, Б. Р. Гельчинский и др. — М. : Изда-
тельский центр «Академия», 2012. — 224 с. — (Сер. Бакалав-
риат).

ISBN 978-5-7695-8494-7

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образо-
вательным стандартом по направлению подготовки «Педагогическое образо-
вание» профили «География», «Экология», «Химия», «Физическая культура»
(квалификация «бакалавр»).

В учебнике кратко показано развитие идей описания мира от механисти-
ческой до современной естественно-научной картины мира. Изложена совре-
менная методология научного познания, в сжатой форме — эволюция есте-
ствознания от периода Античности до наших дней. Рассмотрены актуальные
проблемы и новейшие тенденции развития основных естественных наук — фи-
зики, химии и биологии — в их взаимосвязи, включая синергические подходы к
объяснению поведения сложных систем. Разработана концепция преподавания
современных знаний по инновационной нанотехнологической тематике.

Для студентов учреждений высшего педагогического профессионального
образования.

УДК 502/504(075.8)
ББК 2я73

*Оригинал-макет данного издания является собственностью
Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым
способом без согласия правообладателя запрещается*

© Коллектив авторов, 2012

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012

© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

ISBN 978-5-7695-8494-7

ПРЕДИСЛОВИЕ

Естественно-научная картина мира (ЕКМ) — относительно новый предмет в системе высшего образования. Он призван содействовать получению широкого базового образования, способствующего разностороннему развитию личности.

В современном мире наука является важнейшим двигателем прогресса, и поэтому многое в нашей жизни строится в соответствии с научной методологией. Специалист любого профиля не может дистанцироваться от фундаментальных знаний об окружающем мире, не рискуя рано или поздно оказаться беспомощным в своей профессиональной деятельности.

Под естественно-научной картиной мира понимается совокупность важнейших законов, теорий, гипотез, моделей, эмпирических обобщений, имеющих общенаучное значение. Это прежде всего концепции, имеющие непосредственное отношение к формированию *научной картины мира* (НКМ), а также те из них, которые приобрели или только приобретают общенаучное методологическое значение.

Глава 1 написана О. С. Габриеляном; гл. 2, 6 — Э. В. Дюльдиной; гл. 3 — Б. Р. Гельчинским; гл. 4 — С. П. Клочковским; гл. 5 — Н. И. Барышниковой.

Наука — это сфера исследовательской деятельности человека, направленная на получение новых знаний о природе, обществе и самом человеке.

Наука — это:

- 1) отрасль культуры;
- 2) способ познания мира;
- 3) специальный институт (учебные и научные учреждения, научные сообщества, лаборатории, научные журналы, системы информации и т. д.).

Как одна из форм познания действительности (важнейшая, но не единственная), наука характеризуется следующими основными чертами:

- наука *универсальна*: полученные ею знания истинны в тех условиях, при которых они были добыты;
- наука *структурирована*: не является бессвязным набором отдельных частей, а имеет определенную структуру;
- наука *критична*: всегда готова поставить под сомнение и пересмотреть свои прежние результаты;
- наука *преемственна*: новые знания определенным образом соотносятся со старыми;
- процесс научного познания всегда является *незавершенным*.

Кроме научного метода познания действительности, существуют и другие. Одним из наиболее распространенных методов познания действительности является *обыденное знание (познание)*. Оно присуще каждому человеку. Обычно процесс обыденного познания не требует специальной подготовки в отличие от процесса *научного познания*. Обыденное познание является основой взаимоотношений людей и зачастую служит базовым для всякого другого знания, в том числе и научного. К ненаучным относятся и многочисленные *практические знания*, например практическое животноводство, растениеводство, гончарное, кузнечное и другие ремесла.

От обыденного познания наука отличается рядом особенностей. Так, наука зачастую имеет дело с объектами, не сводимыми к предметам обыденного опыта (электрон, Галактика, механизмы передачи нервных импульсов и т. д.); наука разрабатывает свой специфический язык формул, схем, терминов, использует специ-

альные орудия и средства исследования. Достоверность научных исследований не может быть установлена только опытным путем как в случае с обыденным познанием, а опирается на специально проводимые эксперименты и процедуры логического выведения одних утверждений из других. *Системность* и *обоснованность* — важные признаки, отличающие науку от обыденного познания.

Различия между научным и религиозным знаниями. Российский философ Н. А. Бердяев так характеризовал эти различия: «Научное знание — это такое знание, для достижения которого человек использует материал опыта и законы логики. Каждый новый элемент знания выводится из предыдущего с той же неизбежностью, с какой поезд проходит станции в указанной на карте последовательности. Ученый находится в «железных тисках» законов природы и логики. Он несвободен. Религиозное знание принципиально отличается тем, что оно ниоткуда не может быть выведено. Оно достигается в результате внезапного внутреннего озарения. Если бы существование Бога можно было бы доказать, то религия исчезла бы, поскольку она превратилась бы в обычное научное знание».

Таким образом, водораздел между наукой и религией проходит в соответствии с соотношением в них элементов разума и веры. В науке преобладает разум, в религии — вера.

Бурное развитие естествознания за последние 100 лет и новые представления о пространстве, времени, квантовомеханическое описание микрообъектов и многие другие открытия заставили отказать от взгляда на природу как на огромную детерминированную систему, в которой Богу места нет. В наше время диалог между религией и наукой вышел на новый уровень. Например, совершенно по-новому сейчас звучит вопрос о происхождении Вселенной. Было ли что до возникновения объектов Вселенной? Если нет, то как она образовалась? Вопрос о происхождении жизни также не получил пока удовлетворительного ответа в рамках современной науки. Американский ученый Френсис Крик (один из создателей модели ДНК — двойной спирали) считает: «Происхождение жизни кажется чудом, и с ее зарождением связано слишком много сложностей». Рассматривая различия между наукой и религией, необходимо отметить следующее. В науке преобладает разум, но и в ней есть место вере — вере в чувственную реальность, данную человеку в ощущениях, вере в познавательные возможности разума, способного адекватно отражать реальность. Наука рациональна, но и в ней есть место интуиции, особенно на стадии формирования гипотез. С другой стороны, сводит религию только к иррациональному ошибочно, так как она невозможна без рациональных объяснений, лежащих в основе *теологии* (совокупности религиозных доктрин и учений), которая развивается, как и любая другая наука. Все это размывает границу между религией и наукой. Наука — сфера человеческой деятельности, функция которой — выработка и теоретическая си-

стематизация объективных знаний о действительности. Анализируя развитие науки и ее взаимосвязь с религией, Президент Российской академии наук академик Ю. С. Осипов сделал обобщающий вывод: «В настоящее время в отношениях религии и науки набирают силу процессы явного сближения. Если в начале Нового времени в эпоху Просвещения наука стремилась приобрести полную автономию от религии и вытеснить ее с позиций мировоззренческого и духовного центра культуры, то теперь происходит их сближение и взаимодействие в формировании ценностей культуры, ориентированной на человека».

Наука неоднородна. Ее можно разбить на три основных блока: науки о природе, технические и гуманитарные науки. Число отдельных научных дисциплин в настоящее время достигает 15 тыс. В данной книге будет главным образом рассматриваться блок наук о природе — *естествознание*. Слово «естествознание» произошло от слов «естество» — природа и «знание», т. е. знание о природе. Аристотель назвал философов, которые занимались вопросами естествознания и космоса, *физиками*, так как древнегреческое слово «фюзис» означает «рождение», «создание». Поэтому и существует теснейшая связь всего естествознания с физикой, которая в силу своего наибольшего развития является лидером среди других наук о природе.

Естествознание общезначимо, оно дает истину, пригодную и принимаемую всеми людьми. Поэтому естествознание является эталоном объективности. Его основной принцип: знания о природе должны допускать эмпирическую проверку, т. е. опыт в конечном счете является решающим аргументом любой теории. Вместе с тем ни одна теория, ни даже совокупность многих теорий не могут охватить то, что мы называем «природой».

Тем не менее каждая историческая эпоха нуждается в общих научных представлениях о природе, которые составляют естественно-научную картину мира. Курс предназначен дать представление об основных фундаментальных идеях современных естественных наук.

От технических наук естествознание отличается тем, что оно нацелено на познание, а технические науки — в первую очередь на преобразование окружающей действительности. Гуманитарные науки изучают поступки людей, их ценности и интересы.

По отношению к практике науки делят также на фундаментальные и прикладные. *Фундаментальные науки* — физика, химия, астрономия, геология — изучают базисные структуры мира. Их цель — познание законов, управляющих поведением и взаимодействием базисных структур природы, общества и мышления. *Прикладные науки* посвящены поиску сфер применения результатов фундаментальных исследований для решения как социально-практических, так и познавательных задач. Из этого следует, что все технические науки

являются прикладными, но не всякая прикладная наука является технической. Так, физика металлов — прикладная теоретическая дисциплина, металловедение — практическая прикладная наука. Следует отметить, что четкой грани между естественными, гуманитарными и техническими науками провести нельзя. Так, социальная экология включает и естественные, и общественные, и технические разделы. В настоящее время общепризнанной классификации научных дисциплин не существует.

Различия между естественно-научным и гуманитарным знаниями. Естествознание изучает природные объекты и процессы, не связанные с человеком, хотя естественные науки рассматривают и такие объекты, которые появились в результате деятельности человека (например, полимеры, которых в природе может и не быть). Гуманитарные науки исследуют поступки людей, их целевые ориентиры. В отличие от явлений, изучаемых естествознанием, поступки людей имеют ценностное содержание. Ценности гуманитарного знания — это интерпретационные конструкты, которые вырабатываются людьми в стремлении обеспечить наибольшую эффективность своей жизни. Ценности, которыми люди руководствуются в своей жизни, такие, как ответственность, свобода, доброта, альтруизм, порядочность, и многие другие, не существуют в мире вещей и процессов, т. е. не рассматриваются и не используются в естествознании. Эти ценности применяются для оценки поступков и поведения людей.

В естествознании основным критерием научности той или иной теории является ее подтверждаемость фактами; в гуманитарных науках теории ранжируются по степени значимости для развития общества.

Обе составляющие современной науки — естественно-научная и гуманитарная — обогащают друг друга новыми идеями и подходами в изучении своих объектов. Так, идеи теории относительности А. Эйнштейна, которые изменили наше представление о физическом мире, были использованы во многих гуманитарных науках. Идея ответственности ученых-естествоиспытателей перед человечеством за свои открытия в наши дни стала одной из центральных. Знание основ естествознания гуманитариями (политиками, юристами, менеджерами и др.) позволит им во многих случаях избежать ошибок в процессе принятия решений, от которых может зависеть судьба миллионов людей (например, применение оружия массового поражения, строительство крупных объектов в сейсмоопасных зонах и т. д.).

1.1. Основные стадии и формы естественно-научного познания

Предметом и целью познания является установление истины. В современном понимании это означает: 1) установление причинно-следственных связей явлений изучаемых объектов природы; 2) экспериментальное подтверждение истинности теоретических утверждений; 3) установление границ, в которых справедливы полученные выводы, т.е. определение относительности естественно-научной истины.

1.1.1. Стадии естественно-научного познания

Перечисленные выше положения соответствуют *трем стадиям естественно-научного 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, а также изменения их свойств во времени имеют свои основания в предшествующих состояниях материи, и эти основания называются *причинами*, а вызываемые ими изменения — *следствиями*. Причинно-следственная связь — основа любого вида деятельности человека.

Вторая стадия познания заключается в проведении эксперимента, опыта, являющегося критерием естественно-научной истины. Эксперимент — высшая инстанция для естествоиспытателей.

Третья стадия познания — определение границ соответствия и относительности знания (интервала адекватности). Так, классическая механика описывает движение макротел со скоростями много меньшими, чем скорость света. Относительность истины обусловлена также принципиальной неточностью соответствующих измерений. С повышением точности измерений сужается интервал адекватности. Все развитие естествознания — процесс постоянного приближения к абсолютной истине.

1.1.2. Формы естественно-научного познания

Путь познания начинается с живого созерцания — чувственного восприятия. От созерцания человек переходит к абстрактному мышлению, а от него — снова к практике, где он реализует свои идеи, проверяет их истинность. Но такая схема отражает лишь общий путь познания. Естествоиспытатель, как правило, с самого начала имеет знания, накопленные его предшественниками; без них невозможен никакой осмысленный эксперимент. Постановка любого эксперимента тоже обычно неслучайна, она происходит под влиянием каких-либо импульсов извне, проистекающих через наблюдения, эксперимент, т. е. посредством эмпирического познания. Таким образом, эмпирическое и теоретическое познания составляют единый процесс, характерный для любого исследования на любой стадии.

Научный факт. Необходимое условие любого исследования состоит в установлении фактов. Образно говоря, факты — это воздух ученого. Однако простой констатации фактов недостаточно. Факты приобретают научную значимость, если они достоверны, разумно отобраны и рассматриваются в их научной связи. Само эмпирическое исследование не может начаться без наличия теоретической базы; в противном случае многообразие фактов не уложится в единую систему. Французский математик и философ А. Пуанкаре писал: «Ученый должен организовать факты. Наука слагается из фактов, как дом из кирпичей. И одно накопление фактов не составляет еще науки, точно так же, как куча камней не составляет дома». Научные факты исследователь получает с помощью наблюдения и эксперимента.

Наблюдение — планомерное, преднамеренное восприятие, проводимое с целью выявления существенных свойств изучаемых объектов. Для того чтобы наблюдение было результативным, его необходимо подготовить (знакомство с объектом, план наблюдений, математическое и инструментальное обеспечение, постановка задачи и т. д.).

Эксперимент — метод или прием исследования, с помощью которого объект или воспроизводится искусственно, или помещается в заранее определенные условия. Меняя условия, можно вскрыть характерные свойства объекта, которые могут не проявляться в обычных условиях. Таким образом, эксперимент не сводится к простому наблюдению, он активно вмешивается в реальность, изменяет условия протекания процессов. Современные наука и техника создали мощную экспериментальную базу, с которой в первую очередь связан прогресс научных исследований. Отставание в этой области приводит к снижению уровня развития науки и, как следствие, к отставанию страны в целом.

Современная наука использует для проведения своих экспериментов космические корабли, подводные лодки, специальные заповедники и т. д. Высокотехнологичная вычислительная техника не только

составляет неотъемлемую часть экспериментального оборудования, но и включена в сам процесс мышления.

Мышление. Мышление — это высшая ступень познания; оно позволяет получать знание о таких объектах, которые недоступны непосредственному восприятию. Мышление дает возможность мысленно оперировать объектами через органы чувств человека, составлять из них различные системы. Таким образом открывается возможность относительной самостоятельности теоретической деятельности, лишь косвенно связанной с эмпирическим познанием. Мышление — целенаправленное, опосредованное и обобщенное отражение в человеческом мозге существенных свойств, причинных отношений и закономерных связей изучаемых объектов.

Мышление оперирует понятиями, суждениями и умозаключениями.

Понятие — это мысль, отражающая общие и существенные свойства объектов и явлений. Например, химическая реакция, атом, молекула — это понятия. Зачастую понятия трудно представить в виде конкретных образов. Например, такие понятия, как добро, зло, гуманизм, красота и т.д.

Суждение — форма мысли, в которой через связь понятий что-либо утверждается или отрицается. Например, ядро — это составная часть атома, в которой сосредоточена почти вся его масса и т.д. По отношению к действительности суждение может быть *истинным* или *ложным*.

К суждению человек приходит путем наблюдения или умозаключения.

Умозаключение — форма рассуждений, в ходе которых из одного или нескольких суждений (п р е д п о с ы л о к) выводится новое суждение (з а к л ю ч е н и е, с л е д с т в и е). Примером умозаключений являются доказательства геометрических или иных теорем, заключения экспертов. Именно на таком опосредованном познании строится вся наука. Наличие причинно-следственных отношений дает возможность делать выводы о причинах, зная следствия, и наоборот.

Важной формой теоретического мышления является *гипотеза* — вид умозаключения, в котором в предположительной форме выражается сущность еще недостаточно изученной области действительности. Гипотеза, получившая экспериментальное подтверждение, становится теорией. *Теория* — система обобщенного знания для объяснения тех или иных сторон окружающего мира. Например, утверждение об атомном строении вещества тысячелетиями было гипотезой, пусть и гениальной, и лишь в XX в., получив бесспорные доказательства, стало научной теорией.

Описание, объяснение, предвидение. Эмпирическое познание имеет дело с фактами и их описанием. Теоретический анализ фактического материала позволяет перейти от описания к теоретическому объяснению. Эмпирическое познание констатирует, как происходит

событие, теоретическое — почему оно происходит именно так, а не иначе. Теоретическое познание предполагает выяснение внутренних противоречий вещей и явлений, предсказывает наступление определенных событий и тенденции их развития.

Например, на основе фактического материала химии Д. И. Менделеев открыл Периодический закон, что позволяет предсказывать существование новых элементов и, более того, достаточно точно описывать их свойства.

Кроме того, существуют интуитивные предвидения, для которых, казалось бы, нет явных оснований. Даром предвидения в науке обладают только талантливые специалисты в своей области. Для их осуществления основную роль играет подсознательная деятельность мозга. Примерами такого рода могут являться принцип Паули, уравнение Шредингера, целый ряд открытий в математике и т. д.

1.2. Методы и приемы научного познания

Понятие *метод* (от греч. *methodos* — путь к чему-либо) означает совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения действительности. Ученый должен уметь выбирать и систематизировать факты. Общепринятые методы, используемые разными исследователями, позволяют получать единообразные результаты, что является непременным условием прогресса в науке.

Область знания, которая специально занимается изучением методов, — *методология*. В частности, *методология естествознания* — это учение о принципах построения, формах и способах естественно-научного познания.

Существует два всеобщих метода познания — *метафизический* и *диалектический*. В настоящее время общепотребительным является диалектический метод познания, который в противоположность первому рассматривает изучаемые объекты исследования в их неразрывной связи друг с другом, в постоянном движении и развитии.

Вторая группа методов — *общенаучные методы познания*. Они используются в самых различных областях науки, т. е. имеют широкий междисциплинарный спектр применения. Их классификация связана с двумя важнейшими уровнями познания действительности — *эмпирическим* и *теоретическим*.

Эмпирический уровень научного познания характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. На этом уровне осуществляется процесс накопления информации об объектах, явлениях путем проведения разнообразных измерений, постановки экспериментов, составления графиков, таблиц, схем; при этом возможна формулировка некоторых эмпирических закономерностей.

Теоретический уровень научного познания осуществляется на рациональной (логической) ступени научного познания. Он предполагает раскрытие глубинных, существенных сторон, связей, закономерностей объектов. Это более высокая ступень познания, ее результатом становится формулировка соответствующих обобщений, гипотез, теорий, законов.

Оба эти уровня познания взаимосвязаны. Эмпирический выступает в качестве основы, фундамента теоретического уровня познания, и в тоже время не может без него существовать. Теоретический уровень предопределяет и обосновывает применяемые методы эмпирического исследования.

К третьей группе методов научного познания относятся частнонаучные методы, используемые в конкретных науках (физика, химия, биология, геология и др.). При этом частнонаучные методы содержат в различных сочетаниях те или иные общенаучные методы. Так, в частнонаучных методах присутствуют наблюдения, измерения, индуктивные и дедуктивные умозаключения и др., т.е. эти две группы методов научного познания находятся в тесной взаимосвязи. Частнонаучные методы связаны и с общенаучным диалектическим методом познания. Например, всеобщий диалектический метод развития проявляется в биологии в виде закона эволюции животных и растительных видов.

Частнонаучные методы конкретных наук могут применяться в других науках, например химические и физические методы исследования с успехом используются в астрономии, биологии, археологии и др.

1.3. Общенаучные методы эмпирического познания

1.3.1. Наблюдение

Наблюдение — это восприятие явлений объективной действительности. Научное наблюдение всегда сопровождается описанием объекта познания, фиксирующим те свойства объекта, которые составляют предмет исследования. Описания наблюдений образуют эмпирический базис науки, опираясь на который создаются обобщения, объекты сравнивают по тем или иным свойствам, осуществляют их классификацию, выясняют последовательность этапов развития и т.д. Практически любая наука проходит описательный этап развития. Наблюдение как основной метод познания более или менее удовлетворяет потребности тех наук, которые находятся на стадии описательно-эмпирической ступени развития. Дальнейший прогресс связан с переходом таких наук к более высокой ступени, на которой

наблюдение дополняется экспериментальными исследованиями, предполагающими целенаправленное воздействие на объект.

По способу проведения наблюдения могут быть непосредственными и опосредованными. При *непосредственных наблюдениях* те или иные свойства объектов воспринимаются органами чувств человека. Например, визуальные наблюдения с борта космических кораблей. Однако чаще научные наблюдения бывают *опосредованными*, т.е. проводятся с использованием тех или иных технических средств, например оптических, электронных микроскопов, радиотелескопов и т.д. Зачастую свойства многих объектов не могут непосредственно фиксироваться органами чувств человека. Например, микрочастицы регистрируются по их трекам (следам), оставляемым ими в пузырьковой камере или в слое фотоэмульсии.

1.3.2. Эксперимент

Эксперимент — это наблюдение исследуемого явления, объекта в специально создаваемых, контролируемых условиях. Эксперимент предполагает активное, целенаправленное и контролируемое воздействие исследователя на изучаемый объект.

Основные характеристики научного эксперимента:

- четко сформулированная цель;
- теоретическая база;
- план исследования;
- использование технических средств;
- соответствующая квалификация исполнителей.

При отсутствии одной из этих составляющих экспериментальные задачи не будут выполнены.

Эксперименты обычно подразделяют на *исследовательские* и *проверочные*. Проведение первых позволяет обнаружить у объектов исследования новые, неизвестные свойства; проверочные эксперименты проводятся с целью подтверждения или опровержения тех или иных гипотез. Например, существование позитрона было предсказано теоретически, лишь затем он был открыт экспериментально.

Эксперименты делят на *качественные* и *количественные*. Первые обычно носят поисковый характер и позволяют («да» или «нет»; «больше» или «меньше») выявить характер действия разных факторов на изучаемое явление. Количественный эксперимент направлен на установление количественной зависимости между различными сторонами изучаемого явления. На практике оба указанных типа эксперимента реализуются в виде последовательных этапов познания. Так, при установлении химического состава объекта качественный анализ предшествует количественному анализу.

Измерение — сравнение объектов по каким-либо сходным свойствам. Измерение заключается в определении количественных значений свойств изучаемых объектов, обычно с помощью специальных технических устройств. Известный английский физик У. Томсон (Кельвин) утверждал, что «каждая вещь известна лишь в той степени, в которой ее можно измерить».

При измерении используют определенные принципы и средства. Под *принципами* в данном случае подразумевают какое-либо явление, положенное в основу измерения. Например, один из способов измерения температуры основан на термоэлектрическом эффекте.

Результат измерения выражается в виде некоторого числа единиц измерения. *Единица измерения* — это эталон, с которым сравнивают измеряемую сторону объекта или явления. Единицы измерения подразделяют на *основные*, выбираемые в качестве базисных при построении системы единиц, и *производные*, выводимые из других единиц с помощью определенных соотношений. В настоящее время в естествознании преимущественно действует Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам. В СИ основными единицами являются метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль. Международная система единиц физических величин является наиболее совершенной и универсальной из всех существующих до настоящего времени. Она охватывает физические величины механики, термодинамики, электродинамики, оптики, связанные между собой физическими законами.

По мере развития науки совершенствуется и измерительная техника. Создаются приборы, в которых реализуются новые научные достижения. Например, использование эффекта Мессбауэра позволило создать прибор с разрешающей способностью порядка 10^{-13} % измеряемой величины.

1.4. Общенаучные методы теоретического познания. Математика и естествознание

1.4.1. Абстрагирование: от абстрактного к конкретному

Процесс познания всегда начинается с конкретно-чувственного рассмотрения предметов и явлений, и только потом человек приходит к обобщениям и теоретическим представлениям, т. е. к научным абстракциям.

Абстрагирование заключается в мысленном отвлечении от малосущественных свойств, сторон, признаков объекта и выделении

одной или нескольких существенных сторон, признаков, свойств этого объекта. Результат абстрагирования — абстракция. Примерами абстракций могут служить виды, роды, отряды растений или животных, такие понятия, как растворимость, электропроводность, активность, устойчивость и т. д. Абстрагирование всегда связано с определенными упрощениями, но в то же время дает возможность глубже понять изучаемый объект, вскрыть его сущность.

Переход от чувственно-эмпирических представлений к теоретическим конструкциям лежит в основе развития любой науки. История развития науки об электрических явлениях может служить хорошей иллюстрацией этого: отталкиваясь от фарадеевских (и более ранних) чувственно-научных представлений об электромагнитных явлениях, Максвелл создал теорию электромагнитного поля и сформулировал математические законы этого поля. Формирование научных абстракций является средством более глубокого познания конкретного, которое на этом этапе становится качественно иным, чем на этапе чувственного познания. Так из математических абстракций Максвелла вытекали важные выводы, касающиеся конкретных проявлений электромагнитного поля. Например, из теории следовало, что всякое изменение электрического поля вызывает появление магнитного поля и наоборот; скорость распространения этих полей в пустоте равна скорости света; электромагнитная волна переносит энергию и оказывает на препятствие давление и др. Создание этих и других абстракций поколебало старые механистические представления о мире; картина мира стала более многообразной, более богатой по содержанию. Этап восхождения от абстрактного к конкретному характеризует общую направленность научно-теоретического познания.

1.4.2. Идеализация. Мысленный эксперимент

Абстрагирование, как составляющая теоретического познания, включает такой элемент, как *идеализация* — мысленное внесение в изучаемый объект определенных изменений в соответствии с целями исследования. При этом обычно из объекта исключают второстепенные, несущественные для данного исследования свойства или, наоборот, наделяют объект какими-либо свойствами. Например, материальная точка — тело, не имеющее размеров, но обладающее массой; абсолютно черное тело — объект, поглощающий всю падающую на него лучистую энергию и т. д.

Анализ противоречий, возникших при исследовании поведения абсолютно черного тела, привел Макса Планка к созданию основ квантовой теории, которая ознаменовала радикальный переворот в науке.

Метод идеализации плодотворен во многих случаях, но обычно ограничен конкретной областью явлений. Если созданная на основе

такой идеализации теория адекватно описывает реальные объекты, то положенные в ее основу утверждения правомерны. Идеализация позволяет представить сложный объект в чистом виде, что облегчает его изучение, выявление наиболее существенных сторон и главных связей объекта с окружающим миром.

Идеализация является разновидностью абстрагирования, но допускает элемент чувственной наглядности. Эта ее особенность позволяет реализовать такой специфический метод теоретического познания, как *мысленный эксперимент*. При этом реальные объекты замещаются идеализированными. Последние мысленно ставятся в различные ситуации, что позволяет обнаружить важные свойства реальных объектов.

Существует аналогия проведения реального и мысленного экспериментов. Обычно экспериментатор мысленно «проигрывает» реальный эксперимент, обдумывает, составляет его план, а затем уже реально осуществляет. Однако мысленный эксперимент может играть вполне самостоятельную роль хотя бы по той причине, что не всякий эксперимент может быть реально выполнен, например эксперимент по движению тела в отсутствие трения. Галилей, проделав такой мысленный эксперимент, смог поставить перед наукой новые серьезные проблемы, а их решением раздвинуть перед наукой новые горизонты.

В 70-х гг. XIX в. Д. Максвелл поставил мысленный эксперимент. Он предположил существование «демона», который способен сортировать молекулы газа по их энергиям. Этот «демон» делил молекулы газа на «горячие» и «холодные» без затраты работы, что приводило к созданию в исходном объеме газа частей с высокой и низкой температурой. А это означало нарушение второго закона термодинамики — одного из важнейших законов природы. «Сражение» с «демоном» Д. Максвелла заняло много времени, но в результате было показано, что работа «демона» (по определению энергии молекул) требует затрат энергии, и, следовательно, создание разности температур не происходит самопроизвольно, как это предполагалось до мысленного эксперимента.

1.4.3. Формализация. Язык науки

Под *формализацией* в науке понимают использование специальной символики, позволяющей отвлекаться от изучения реальных объектов, от содержания описывающих их теоретических положений, что дает возможность вместо этого оперировать некоторым множеством символов (знаков). Ярким примером формализации является использование в науке математических описаний различных объектов, базирующихся на соответствующих теориях. Применяемая при этом математическая символика зачастую выступает в роли инструмента процесса познания.

При построении формальной системы необходимо установить:

- алфавит, т.е. набор знаков;
- правила, по которым из исходных знаков могут быть получены «слова», «формулы»;
- правила, по которым от одних слов, формул данной системы можно переходить к другим словам и формулам (так называемые *правила вывода*).

Важным достоинством формализованной системы является возможность проводить исследование объекта без непосредственного к нему обращения. Примерами могут служить использование в химических науках соответствующих формул веществ, расчеты по ним, описание возможных превращений веществ, основанное на знании правил изображения свойств веществ химическими формулами. Применение формализации позволяет четко и кратко записывать научную информацию, что открывает большие возможности оперирования ею.

Однако не следует преувеличивать роль и возможности формализации. Математическое уравнение еще не представляет собой физическую теорию; для получения последней нужно придать математическим символам конкретное эмпирическое содержание. Развитие кибернетики и появление ЭВМ в середине XX в. явилось результатом достижений одной из формализованных систем — математической логики.

Необходимо отметить, что создать единый формализованный язык науки не представляется возможным. Это положение было доказано в 30-х гг. в австрийским логиком и математиком К. Геделем. Знаменитая теорема Геделя утверждает, что каждая формальная система либо противоречива, либо содержит некоторую неразрешимую (хотя и истинную) формулу, которую в рамках данной системы нельзя ни доказать, ни опровергнуть. Таким образом, формализованные языки не могут быть единственной формой языка в науке, так как стремление к математической адекватности требует использования неформализованных систем. Но тенденция к формализации языков во всех и особенно в естественных науках является объективной и прогрессивной.

1.4.4. Индукция и дедукция

Индукция (от лат. *inductio* — наведение, выведение) — есть метод познания, основывающийся на формально-логическом умозаключении, которое приводит к получению общего вывода на основании частных посылок. Другими словами, это — движение нашего мышления от частного к общему.

Индукция широко применяется в научном познании. Так, если исследователь обнаруживает сходные признаки у многих объектов определенного класса, то он может сделать вывод о наличии этих признаков у всех объектов этого класса.

Родоначальником классического *индуктивного метода познания* был Ф. Бэкон, считавший его важнейшим методом постижения новых истин в науке, главным средством познания природы. Однако при всей своей значимости индуктивный метод не может играть всеохватывающую роль, которую ему приписывали последователи Ф. Бэкона. Индукцию нельзя рассматривать изолированно от других методов, в частности от метода дедукции.

Дедукция (от лат. *deductio* — выведение) — это метод получения частных выводов на основе знания каких-либо общих положений. Дедукция — это движение нашего мышления от общего к частному, единичному.

Простой пример, иллюстрирующий данный метод: все щелочные металлы бурно реагируют с водой с образованием водорода и щелочи; франций относится к этой группе металлов, следовательно, он должен также реагировать с водой с образованием тех же веществ (следует отметить, что этот элемент практически отсутствует в земной коре и такую реакцию никто никогда не проводил).

Все естественные науки, а также математика широко используют дедуктивный метод. Математика является собственно дедуктивной наукой, так как строит свои конструкции исходя из достаточно общих положений.

Видным пропагандистом дедуктивного метода в науке был французский математик и философ Р. Декарт. Следует отметить, что он и его многочисленные сторонники и последователи односторонне преувеличивали значение в процессе познания интеллектуальной стороны в ущерб опытной. И индукция, и дедукция в ходе познания используются совместно, хотя роль каждого из этих методов на разных этапах может быть различной. Анализируя реальный ход любого явления, с полным основанием можно утверждать, что нет индукции без элементов дедукции, как нет дедукции без элементов индукции.

1.4.5. Анализ и синтез

Под **анализом** понимают мысленное или реальное разделение объекта на составные части с целью их отдельного изучения. Такими частями могут быть вещественные элементы объекта или же его свойства, признаки, отношения и т. д. Широко известным примером является химический анализ различных вещественных объектов.

Несомненно, анализ занимает важное место в процессе познания, но это лишь начальный его этап. Установление элементарного со-

става изучаемого объекта дает мало сведений о свойствах объекта. Для постижения объекта как единого целого необходимо обнаружить объективно существующие связи между его составными частями, рассматривая их в единстве. Это возможно сделать, если анализ дополнить другим методом — синтезом.

Синтез — соединение ранее выделенных частей объекта в единое целое. На этом этапе познания идет дальнейшее изучение объекта, но уже как единого целого. При синтезе имеет место не простое механическое соединение составных частей объекта, а установление между ними связи, что позволяет определить место и роль каждого элемента в этом целом, т. е. понять диалектическое единство изучаемого объекта.

Анализ и синтез используются и в сфере мысленной деятельности, т. е. в теоретическом познании. Но и здесь, так же как на эмпирическом уровне, анализ и синтез являются двумя неразрывными сторонами процесса познания. По мнению Ф. Энгельса, «мышление состоит столько же в разложении предметов познания на их элементы, сколько в объединении связанных друг с другом элементов в некоторое единство. Без анализа нет синтеза».

1.4.6. Аналогия и моделирование

Под **анalogией** понимают такой прием познания, при котором на основании сходства объектов по одним признакам заключают об их сходстве и по другим признакам. Установление сходства или различия между объектами осуществляется в результате их сравнения. Степень вероятности правильного умозаключения при этом будет тем выше, чем больше известно относительно общих свойств у сравниваемых объектов и чем существеннее эти свойства. **Метод аналогии** применяется в самых различных областях как естественных, так и гуманитарных наук. Хотя аналогия не является строгим доказательством, она способна вывести мысль на новый уровень, и, если с ней обращаться достаточно осторожно, аналогия может служить наиболее простым и доступным способом познания. При использовании аналогии исследованию подвергается один объект, а вывод делается о другом объекте, т. е. информация переносится с одного объекта на другой. При этом один объект именуют **моделью**, а другой объект — **оригиналом** (прототипом, образцом).

Моделирование — изучение объекта (**оригинала**) путем создания и исследования его копии (**модели**).

Моделирование может быть мысленным. Например, модель атома Э. Резерфорда напоминала Солнечную систему: вокруг ядра (Солнце) обращаются электроны (планеты). Но во многих случаях мысленные модели могут быть реализованы в виде реальных моделей.



Эрнест Резерфорд

Физические модели создаются таким образом, чтобы имелось подобие между моделью и оригиналом, в том числе по происходящим в них процессам. Физическое моделирование широко используется в проектировании и воспроизведении различных явлений, например для предсказания поведения горных пород при взрывах и т.д.

Символическое (знаковое) моделирование связано с условно-знаковым представлением о каких-либо свойствах, отношениях объекта оригинала. К подобным моделям относятся топологические и графовые представления (в виде графиков, номограмм, схем) исследуемых объектов.

Важной разновидностью знакового моделирования является *математическое моделирование*. Символический язык математики позволяет выражать соотношения свойств различных объектов с помощью соответствующих уравнений. Система уравнений вместе с исходными данными (коэффициенты, начальные условия) представляет математическую модель явления. В ряде случаев математическое моделирование сочетают с физическим моделированием. Например, механические колебания можно моделировать электрическими колебаниями, так как и те и другие описываются одинаковыми дифференциальными уравнениями.

Наконец, очень широкое распространение получило *численное моделирование на ЭВМ*. Оно основано на имеющихся математических моделях изучаемых объектов и применяется в случае больших объемов вычислений. Для использования этого способа моделирования необходимы соответствующие программы для ЭВМ. Численное моделирование особенно важно там, где не совсем ясна физическая картина явления, его механизм. С помощью расчетов на ЭВМ создают базы данных и отбирают наиболее реальные ситуации, что позволяет сокращать сроки научных и конструкторских разработок.

1.4.7. Математика и естествознание

Современную математику определяют как науку о структурах. «В данном случае под структурой имеется в виду определенным образом упорядоченное многообразие математических элементов (чисел, функций матриц и т.п.)» (Н. Бурбаки — коллективный псевдоним группы французских математиков).

Отличие естественных (и гуманитарных) наук от математических состоит в следующем. Естественные науки исследуют явления природы, а математические науки — воображаемые миры. Основным критерием научности математической теории является *непротиворечивость*, т.е. отсутствие двух взаимоисключающих утверждений (например, $3 \cdot 3 = 9$ и $3 \cdot 3 = 8$). Вместе с тем сам этот критерий относителен, так же как принцип подтверждаемости в естествознании и принцип эффективности знания в гуманитарных науках.

Тезис об эффективности использования математики в естественных науках не нуждается в особых доказательствах. Математика создает воображаемую реальность, но эта реальность имеет беспспорное прикладное значение и для естествознания, и для гуманитарных наук. Между математикой и естествознанием существует однозначное соответствие, что позволяет с помощью первой выявлять упорядоченность (гармонию) различных объектов естествознания. Например, уравнение $y = a + bx$ встречается во многих науках и характеризует линейное соответствие между двумя рядами объектов: функцией y и аргументом x . Этими объектами могут быть «путь — время», «работа — сила», «скорость реакции — концентрация» т.д. Математические соотношения, не имея непосредственной причастности к реальности, тем не менее не только описывают эту реальность, но в ряде случаев позволяют делать новые открытия, расширяющие наше представление об этой реальности. Так, на основе математических соотношений, описывающих поведение микрочастиц, было предсказано существование ранее неизвестной частицы позитрона; уравнения Максвелла предсказали наличие электромагнитного поля и т.д. Математические теории способствуют зарождению новых технологий и отраслей промышленности, например космической, авиастроения, электроники, вычислительной техники. Вместе с тем нельзя абсолютизировать роль математики в процессе познания. Так, Д. Максвелл — создатель классической электродинамики и один из основателей статистической физики — утверждал, что, «следуя только математическому методу, мы совершенно теряем из виду объясняемые явления и поэтому не можем прийти к более широкому представлению об их внутренней связи, хотя можем предвычислить следствия из данных законов».

Приведем мнение выдающегося немецкого философа Иммануила Канта о роли математики в естествознании: «В любом частном учении о природе можно найти науки в собственном смысле лишь столько, сколько имеется в ней математики. Чистая философия природы вообще, т.е. такая, которая исследует лишь то, что составляет понятие природы вообще, хотя и возможна без математики, но чистое учение о природе, касающееся определенных природных вещей, возможно лишь посредством математики».

Вопросы и задания

1. Дайте определение понятию «наука». Что характерно для процесса научного познания?
2. В чем отличие естественно-научного познания от гуманитарного? Что отличает науку от религии и какие признаки их сближают?
3. Что понимают под «научной картиной мира», из каких элементов она создается?
4. Каковы основные стадии и формы научного познания?
5. В чем разница между метафизическим и диалектическим методами познания?
6. Перечислите и кратко охарактеризуйте общенаучные методы эмпирического познания. Чем наблюдение отличается от эксперимента? Какова роль измерения в науке?
7. Что такое научная абстракция? В чем суть мысленного эксперимента? Поясните на примере.
8. В чем смысл формализации? Поясните на примерах из физики, химии.
9. В чем суть методов индукции и дедукции в процессе теоретического познания? Поясните на примерах.
10. Какова роль анализа и синтеза в химии? Поясните на примере исследования вещества.
11. Каким образом математика помогает исследовать и описывать закономерности природы? Приведите примеры из истории естествознания.
12. Какова взаимосвязь естествознания и морали? При каких условиях между ними возникает антагонизм?