

Г.И. Рузавин

Методы
научного
исследования



ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ЛИТЕРАТУРЫ

Введение

В наше время, когда наука становится непосредственной производительной силой, а научно-техническая революция приобретает все более широкий размах, разработка проблем методологии и логики научного исследования выдвигается в качестве одной из актуальных задач философии. Непрерывный и все увеличивающийся поток научных исследований, заметный рост числа людей, занимающихся наукой, превращение профессии научного работника в массовую профессию — все это не только стимулирует общий интерес к проблемам научного познания, но и требует анализа и разработки методов исследования, используемых в современной науке.

Долгое время в нашей литературе по теории познания основное внимание уделялось общей характеристике процесса познания, выяснению его связей с практикой, анализу диалектики мышления, критике идеалистических и метафизических спекуляций по этому вопросу. Особенности научного познания, средствам и методам исследования в науке уделялось значительно меньше внимания. Правда, в последние годы положение в этой области заметно изменилось. Опубликовано немало интересных журнальных статей, брошюр и отдельных книг, посвященных проблемам логики и методологии научного исследования, а также тесно связанным с ними проблемам науковедения, психологии и социологии научного творчества, эвристики. В этих работах рассматриваются отдельные аспекты теории и методологии научного познания, но не анализируются методы, которые используются в реальном процессе исследования в науке.

В предлагаемой читателю книге делается попытка рассмотреть основные проблемы методологии научного познания, при этом главное внимание обращается на анализ тех приемов, средств и методов познания, с по-

мощью которых достигается получение объективно истинных знаний в науке. Хотя в разных науках существуют свои, специфические методы и средства исследования, это отнюдь не исключает возможности и необходимости изучения и оценки таких средств и методов исследования, которые являются общими для весьма широкого класса как опытных, так и абстрактных, формальных наук. Анализ их и составляет задачу методологии научного познания. В отличие от психологии научного творчества, которая изучает индивидуальные особенности познавательной деятельности ученого, методология рассматривает общие закономерности движения познания, и в частности специфические средства и методы, с помощью которых происходит научное исследование. Обсуждению предмета и задач методологии научного познания, ее взаимоотношению с другими науками, истории формирования ее основных идей посвящена первая глава книги.

Во второй главе кратко рассматривается сущность научных проблем, с выбора и постановки которых начинается любой процесс исследования в науке. Разрешение проблемы может быть достигнуто с помощью либо эмпирических, либо теоретических методов исследования. Однако в большинстве случаев приходится обращаться и к тем и к другим методам. Весь процесс дальнейшего движения мысли — от эмпирии к теории, от фактов, данных наблюдения и результатов экспериментов к гипотезам, законам и теориям — по сути дела представляет процесс разрешения научных проблем. Чтобы ответить на вопрос, сформулированный в проблеме, в качестве пробного решения выдвигают гипотезу, которая в ходе дальнейшего исследования может превратиться в закон или потребовать построения целой теории. Впоследствии истинность этой теории должна быть проверена на опыте. Такова одна из наиболее распространенных общих схем научного исследования. Иногда при решении новых проблем, особенно в молодых науках, приходится обращаться к поискам недостающей эмпирической информации. В этих случаях эмпирические методы исследования выступают на первый план и поэтому сама схема познания видоизменяется: ученый идет от эмпирии к теории, хотя при отборе необходимой эмпирической информации руководствуется некоторыми теоретическими представлениями.

Эмпирические методы исследования мы рассматриваем в третьей главе. Такой порядок изложения согласуется с традиционно принятым в теории познания и философии вообще, где обсуждаются и вопросы, связанные с наблюдениями и экспериментами. Однако эти вопросы трактуются обычно в общем контексте чувственной ступени познания, не выделяются специально те особенности и приемы, которые присущи именно систематическим научным наблюдениям и теоретически планируемому эксперименту. Здесь нами произведен необходимый отбор материала, не рассматриваются специальные, технические детали, связанные, например, с планированием и постановкой экспериментов или обработкой ошибок наблюдений, так как все это можно найти в специальной литературе по статистике и математической теории эксперимента.

Подобными соображениями мы руководствовались и при освещении теоретических методов исследования. В теории познания обычно рассматриваются понятия, суждения и умозаключения как основные формы рационального мышления. Сюда включают также гипотезу. Однако все эти формы мышления рассматриваются прежде всего под углом зрения их качественного отличия от эмпирических способов познания. В результате их роль в исследовании остается по существу нераскрытой. Главное же состоит не в этом. Ряд авторов, ограничиваясь анализом традиционных, устоявшихся форм рационального познания (понятия, суждения и умозаключения), такие специальные формы и методы научного исследования, как гипотеза, закон и теория, зачастую совершенно не рассматривают или же искусственно сводят к первым. По этим причинам в работе сделана попытка обсудить прежде всего специфические для научного познания методы исследования.

В четвертой главе подробно анализируются вопросы, связанные с методами построения, обоснования и проверки гипотез и применением гипотетико-дедуктивного метода.

Пятая глава посвящена роли законов в научном познании. Наконец, в шестой главе обсуждается роль отдельных методов рационального познания в рамках единой теории.

При освещении этих проблем делается попытка сочетать методы современной логики с диалектико-мате-

риалистическими методами познания, поскольку именно философия марксизма-ленинизма является подлинным фундаментом методологии науки и практического действия.

В основе книги лежат лекции, прочитанные автором для научных работников Академии наук Кубы в 1972 году. Ряд вопросов освещен нами в отдельных статьях, в сборниках и журналах¹, а также в совместном советско-кубинском труде «Методология научного познания», готовящемся к печати.

Анализ проблем методологии в работе ведется преимущественно на материале естественнонаучного познания, хотя ряд сделанных выводов применим также к социальному познанию.

¹ Вероятностная логика и ее роль в научном исследовании. — «Проблемы логики научного познания». М., 1964, стр. 200—249; Логическая вероятность и индуктивные выводы. — «Вопросы философии», 1967, № 4; Роль гипотетико-дедуктивного метода в построении физической теории. — «Вопросы философии», 1968, № 7; Вероятность, причинность, детерминизм. — «Философские науки», 1972, № 5.

Глава 1

Предмет и задачи методологии научного познания

*

Процесс познания в науке можно анализировать с различных точек зрения: философской и социологической, психологической и феноменологической, исторической и логической, гносеологической и методологической. Нас будет интересовать прежде всего методологическая сторона познания. Поскольку проблемы методологии теснейшим образом связаны с философией и логикой, при обсуждении методов науки мы постоянно будем обращаться к понятиям и принципам логики и диалектики. Но это, разумеется, не исключает, а скорее предполагает специальное изучение тех общенаучных приемов и средств исследования, с помощью которых достигается новое знание в науке.

Научное познание по сути дела представляет исследование, которое характеризуется своими, особыми целями, а главное—методами получения и проверки новых знаний. Необходимость в специальном анализе методов науки станет яснее, если мы предварительно рассмотрим особенности, которые отличают научное знание от обыденного, а утверждения науки — от мнений так называемого здравого смысла.

1. Обыденное и научное знание

Научное знание всегда отличается последовательным и систематическим характером. Не говоря уже о математике и точных науках, где большинство утверждений логически выводится из немногих исходных посылок, даже в так называемых эмпирических науках¹ сравни-

¹ Под эмпирическими обычно понимают науки, в существенной степени опирающиеся на такие опытные методы исследования, как наблюдение, эксперимент и измерение.

тёльно редко встречаются отдельные, изолированные обобщения или гипотезы. Как правило, такие обобщения входят в науку лишь тогда, когда они согласуются с другими имеющимися в ней утверждениями и обобщениями. В конечном итоге их стараются получить логически из более широких обобщений, принципов и допущений,

Наука, на какой бы ступени развития она ни находилась, тем и отличается от обыденного знания, что представляет собой не простую совокупность «сведений» о мире, «набор» информации, а определенную систему знаний. Научное исследование является целенаправленным познанием, результаты которого выступают в виде системы понятий, законов и теорий¹.

Известно, что задолго до возникновения науки люди приобретали достаточно надежные знания о свойствах и качествах предметов и явлений, с которыми они сталкивались в своей повседневной практической жизни. И сейчас мы немало узнаем с помощью обыденного знания. Это свидетельствует о том, что научное знание не отделено непроходимой стеной от обыденного: и научное и обыденное познание в конечном итоге стремятся к достижению объективно истинного знания, опираются на факты, а не на веру.

Нередко, отмечая качественное отличие научного знания от обыденного, забывают о связи, существующей между ними, не учитывают того, что наука возникла из обыденного знания. Это не раз подчёркивали сами ученые. Правда, иногда при этом допускается другая крайность, когда научное знание рассматривается только как усовершенствованное обыденное знание. Этот взгляд защищал, например, известный английский ученый Томас Гексли. «Я верю, — писал он, — что наука есть не что иное, как тренированный и организованный здравый смысл. Она отличается от последнего точно так же, как ветеран может отличаться от необученного рекрута»².

Однако наука не является простым продолжением знаний, основанных на здравом смысле. Она представляет познание особого рода, со своими специфическими средствами, методами и критериями. Прежде всего,

¹ См. *И. Г. Герасимов*. Научное исследование. М., 1972, стр. 50—58.

² *Huxley Tomas*. Educational Value of Natural History Science. — «Readings in Philosophy of Science». New York, 1953, p. 130.

в отличие от обыденного знания наука не ограничивается нахождением новых фактов и результатов, а либо стремится объяснить их с помощью существующих гипотез, законов и теорий, либо специально вырабатывает для этого новые теоретические представления. Эта отличительная особенность науки дает возможность лучше понять систематический, последовательный и контролируемый характер научного знания. Действительно, чтобы объяснить то или иное явление, необходимо располагать определенной теоретической системой или в крайнем случае гипотезой, из которых суждение о данном явлении получается в качестве логического следствия. Но чтобы получить такое следствие, надо предварительно установить логическую взаимосвязь между различными суждениями, обобщениями и гипотезами, а самое главное — располагать такими законами, принципами, гипотезами или допущениями, которые могут служить в качестве посылок для логического вывода менее общих суждений той или иной науки. Систематический и последовательный характер научного знания в значительной мере обусловлен именно тем, что наука не просто регистрирует эмпирически найденные факты и результаты, а стремится объяснить их. Точное оперирование понятиями, суждениями и умозаключениями позволяет также лучше контролировать результаты научного исследования.

Однако никакая систематизация и организация знания не будут составлять науки, если они не будут сопровождаться созданием новых понятий, законов и теорий. Именно с их помощью как раз и удается не только объяснить уже известные факты и явления, но и предсказать факты и явления неизвестные. Такие предсказания в некоторой мере можно осуществить уже с помощью простейших эмпирических обобщений, какими являются, например, предсказания погоды по целому ряду примет. Гораздо более точные количественные предсказания можно получить с помощью эмпирических законов науки. Так, закон Бойля — Мариотта дает возможность по заданному объему газа численно определить давление, а зная закон Шарля, можно предсказать, насколько увеличится объем данной массы газа при его нагревании.

Подобного рода эмпирические законы и обобщения, с которых начинается любая наука, в лучшем случае могут объяснить и предсказать определенные факты исследуемой области. Но сами эти законы в свою очередь тре-

буют объяснения: почему именно с уменьшением объема газа увеличивается его давление или с повышением температуры увеличивается его объем? Ответ на этот вопрос требует выдвижения топ или иной гипотезы о внутреннем механизме исследуемых зависимостей. Создание кинетической теории, базирующейся на допущении существования хаотического движения мельчайших частиц вещества — молекул, дало ответ на указанные вопросы.

В зарубежной литературе часто отличие науки от обыденного знания видят в том, что ученый имеет дело преимущественно с так называемыми ненаблюдаемыми объектами, такими, как «элементарные» частицы в физике или гены в биологии. Здесь подмечена существенная особенность процесса научного познания — раскрытие сущности исследуемых явлений. Поскольку сущность не лежит на поверхности явлений, для ее раскрытия приходится вводить абстракции и идеализации, обращаться к гипотезам и теориям.

В обыденном знании хотя и прибегают к догадкам и предположениям, но, во-первых, они касаются непосредственно наблюдаемых вещей и событий, во-вторых, эти догадки никогда не контролируются специальной техникой, не говоря уже о постановке особых экспериментов. Наука даже на эмпирической стадии исследования руководствуется теми или иными теоретическими представлениями и контролирует свои гипотезы с помощью специальных приборов и инструментов, которые в свою очередь сконструированы на основе определенных теоретических принципов.

Любая достаточно зрелая наука представляет систему теорий, которые объединяют в единое целое ее исходные принципы, понятия и законы вместе с твердо установленными фактами. Именно благодаря систематичности, обоснованности и контролируемости выводы науки отличаются наибольшей надежностью и проверяемостью, тогда как обыденное знание, а тем более вера или мнение, в значительной мере субъективно и ненадежно. Однако, как бы ни было важно подобное различие, его нельзя абсолютизировать.

Важнейшей предпосылкой обыденного знания является его подчиненность решению непосредственных, узкопрактических задач, вследствие чего оно не может создавать такие абстрактные модели и теории, с помощью

которых познаются глубокие, внутренние особенности и закономерности явлений.

Обычно когда сравнивают научное познание с обыденным, то существенное различие между ними видят прежде всего в тех способах и средствах, с помощью которых достигается знание в науке и повседневной жизни. Надежность, систематичность и контролируемость научных знаний обеспечивается с помощью специальных и общих методов исследования, в то время как обыденное знание довольствуется рутинными правилами, опирающимися на «здравый смысл», и простейшими индуктивными обобщениями непосредственно воспринимаемых предметов и явлений. Как правильно подчеркивает Г. Клаус, «практическое мышление не систематично и не методично»¹.

В самом общем смысле метод представляет некоторую систематическую процедуру. Эта процедура может состоять из последовательности повторяющихся операций, применение которых в каждом конкретном случае либо неизменно приводит к достижению поставленной цели, либо такая цель достигается в подавляющем большинстве случаев. Но такая характеристика метода может быть применена к тем операциям практического и теоретического рода, правила которых носят весьма элементарный характер. Подобные правила, указывающие строго фиксированный порядок действия для решения задач теоретического или практического характера, можно уподобить алгоритмам математики. Известно, что, располагая алгоритмом, мы всегда можем решить ту или иную задачу. Например, если нам заданы числа, то мы можем найти их наибольший общий делитель. Но из математики мы знаем, что далеко не все ее проблемы допускают алгоритмическое решение: в противном случае математика вполне заменила бы машину.

Сложные, серьезные проблемы науки меньше всего поддаются алгоритмизации, и поэтому их решение нельзя свести к применению каких-то готовых правил и рецептов. В связи с этим представляются явно утопичными попытки, например Г. В. Лейбница, заменить процесс рассуждения вычислением в дедуктивных науках или же создать логику открытия в эмпирических науках, как на

¹ Г. Клаус. Мышление научное и ненаучное, рациональное и иррациональное. — «Философские науки», 1971, № 4, стр. 142.

это надеялся Ф. Бэкон. однако это не исключает определенной организации и систематизации наших попыток и усилий в решении научных проблем.

Научное исследование не ведется вслепую, оно не сводится к непрерывной цепи догадок. Даже в повседневном познании мы в какой-то мере предварительно отсеиваем явно неправдоподобные догадки. При выдвижении гипотез, поиске законов, построении и проверке теорий ученый руководствуется определенными приемами, правилами и способами исследования, которые в своей совокупности и характеризуют метод исследования. Хотя такие методы и не гарантируют достижение истины, тем не менее они в значительной мере облегчают ее поиски, делают их более систематичными и целенаправленными.

Большинство специальных проблем конкретных наук и даже отдельные этапы их исследования требуют привлечения специальных методов решения. В эмпирических науках для этого приходится обращаться также к специальной технике наблюдения, эксперимента и измерения. Разумеется, частные методы решения конкретных научных проблем имеют весьма специфический характер. Естественно поэтому, что такого рода методы изучаются, разрабатываются и совершенствуются в конкретных, специальных науках.

В отличие от этого общие методы пауки используются на всем протяжении исследовательского процесса и в самых различных по предмету науках. Кроме них существуют также методы, которые применимы лишь в более или менее родственных науках или же на определенной стадии процесса познания. Такие методы также выходят за рамки частных наук.

Специальные методы и технику, которые используются в частных науках, можно рассматривать как тактику исследования. Она может не раз меняться в зависимости от характера исследуемых проблем, отдельных этапов их решения, новых выявленных возможностей и т. п. Общие же методы науки сохраняют свое значение для целого множества проблем в самых различных науках, ибо они скорее указывают направление и общий подход к исследуемым проблемам, чем конкретные способы их анализа и решения. Поэтому с известным основанием их можно отождествить со стратегией исследования.

На чем основывается эффективность метода? Почему ученые гораздо больше доверяют систематическим ис-

следованиям, чем слепой удаче? Правильный ответ на этот вопрос дает диалектико-материалистическая философия, которая рассматривает метод как адекватное отражение определенных сторон и закономерностей объективного мира или, по выражению Ф. Энгельса, как аналог действительности¹. С этой точки зрения любой закон или теория, будучи отражением некоторого фрагмента реальной действительности, могут выступать в качестве метода исследования. Чем шире область действия закона или теории, тем более общин характер имеют методы, основанные на них. Поскольку обыденное знание в лучшем случае опирается на простейшие индуктивные обобщения и эмпирически установленные правила, то в строгом смысле слова оно не обладает специальными методами познания. С интересующей нас точки зрения паука отличается от обыденного знания тем, что она применяет и разрабатывает специальные и общие методы познания, которые опираются на открытые ею закономерности той или иной области реального мира.

2. Предмет методологии науки

По мере того как возрастал объем научных знаний и углублялся уровень отражения в них свойств и закономерностей объективного мира, становилось все более очевидным стремление ученых проанализировать разнообразные формы и методы, с помощью которых приобретаются знания в науке. Еще на заре античной культуры монополия на исследование проблем познания вообще и науки в частности принадлежала философам. И это не удивительно, ибо в то время сама наука в значительной мере еще не отделяла себя от философии. Даже XVI—XVII вв., когда сформировалось экспериментальное естествознание, исследованием методов познания занимались в основном философы, хотя наибольший вклад в этот период был сделан теми из них, которые одновременно с философией занимались и специальными науками (Галилей, Декарт, Ньютон, Лейбниц).

Начиная со второй половины прошлого века и в особенности в конце его происходит дифференциация и отпочковывание различных дисциплин, исследующих те

¹ См. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 367.

йли иные стороны процесса научного познания. Наряду с традиционными философскими методами анализа в это время возникают математическая логика и начала вероятностной логики, заметно возрастает интерес к истории и философии науки в связи с революцией в естествознании, несколько позже формируются психология и социология науки, и уже в наши дни возникает наука о науке, или науковедение¹.

Все эти дисциплины исследуют различные стороны и отношения научного знания, применяя при этом разные методы и понятийный аппарат. И тем не менее вопрос о их предмете и границах исследования до сих пор вызывает оживленные дискуссии. Это в особенности характерно для новых областей, таких как науковедение и социология науки. Кроме того, поскольку научное познание, как и наука в целом, представляет весьма сложное явление, находящееся в тесном взаимодействии с другими элементами культуры, то четкое отграничение областей исследования каждой из дисциплин порой сделать нелегко. Эти трудности усугубляются еще тем, что не все научные дисциплины достигли одинаковой степени зрелости.

Наибольших успехов в накоплении необходимого эмпирического материала и его анализе достигла, несомненно, история науки, являющаяся одной из старейших дисциплин, изучающих науку. Однако до сих пор наиболее уязвимым пунктом ее служит недостаток широких обобщений о закономерностях развития науки в целом, а также отдельных ее отраслей. Во многих работах по истории науки продолжает доминировать чисто описательный, фактологический материал, за которым зачастую трудно увидеть основные тенденции развития науки на тех или иных этапах ее истории. Такой подход особенно присущ зарубежной истории науки. Правда, в последние годы и там появилось немало исследований, в которых предпринимаются попытки теоретической реконструкции науки. Суть подобной реконструкции сводится к тому, чтобы построить теоретическую модель развития науки и проверить ее с помощью эмпирического материала, накопленного описательной историей науки

¹ См. Г. М. Доброе. Наука о науке. Киев, 1969; В. В. Налимов, З. М. Мульченко. Наукометрия. М., 1969.

(работы Т. Куна, И. Лакатоша, Х. Торнебома и других)¹.

В последние десятилетия значительные результаты достигнуты в области логики науки. Применяя методы современной символической логики, она смогла тщательно исследовать проблемы, связанные с построением и использованием специальных формализованных, научных языков. Но на этом пути она встретила с рядом фундаментальных трудностей, решение которых, по-видимому, может быть достигнуто путем привлечения новых средств и методов.

Проблемы метода исследования и методологии науки привлекали внимание ученых и философов давно, начиная с античной эпохи, однако детальный анализ методов и средств научного познания стал осуществляться лишь в последние полвека. Известные затруднения здесь возникают из-за неясного разграничения сфер таких направлений исследования науки, как философия, методология и логика науки. До сих пор и у нас и за рубежом идут споры по вопросу о предмете и задачах этих логико-философских дисциплин. Правда, большинство авторов склоняется к мысли, что философия науки должна анализировать наиболее общие, мировоззренческие и гносеологические проблемы науки; что касается логики и методологии науки, то здесь мнения расходятся: многие хотя и считают логику науки самостоятельной отраслью, но включают ее в методологию науки. Другие, наоборот, полагают, что методология должна стать частью логики науки, поскольку она использует в большинстве случаев многие из тех средств и методов, которые разрабатывает логика науки.

Такие расхождения и споры нередко возникают в силу того, что само научное знание представляет весьма сложный объект исследования, различные элементы которого, хотя и связаны друг с другом, все же обладают относительно самостоятельным значением. В науке важно различать деятельность, направленную на достижение новых знаний, т. е. процесс исследования, от результатов этой деятельности — готовых, полученных знаний. Кроме того, любые знания представляют отражение не-

¹ Подробнее об этом см. Т. S. Kuhn. The Structure of Scientific Revolutions. Chicago, 1970; «Criticism and Growth of Knowledge». Cambridge, 1970.

которых свойств и закономерностей объективного мира, и поэтому нужно четко отличать объект исследования науки от тех идеальных способов его выражения, которые как раз и воплощаются в знании. Наконец, знания могут существовать лишь в материализованной форме. Такой формой служит язык — естественный (разговорный или литературный), а также различные специальные научные языки.

В зависимости от того, какие элементы научного знания берутся в качестве объекта исследования, можно выделить ряд дисциплин, имеющих отношение к анализу науки. Исторически таким путем и возникали или скорее отпочковывались разные направления от традиционной теории научного познания и философии науки. Среди этих направлений наиболее зрелой, пожалуй, является логика науки, которая занимается исследованием строения или структуры готового научного знания. В этих целях она первоначально использовала некоторые методы классической формальной логики, а затем все больше и больше — средства и аппарат символической логики. Логика науки анализирует готовое, сформировавшееся научное знание, отвлекаясь от процесса получения этого знания, от тех приемов и методов исследования, которые использует ученый для достижения этого знания. Поскольку знание выражается с помощью языка, то в логике науки непосредственно рассматривается не знание в целом, а только форма его выражения, т. е. язык науки.

Научные языки строятся на базе обычного, естественного языка, но отличаются от него значительно большей точностью и строгостью. Поскольку естественный язык развивался прежде всего в целях коммуникации, то его совершенствование происходило по линии достижения легкости общения. Поэтому в нем отсутствуют жесткие правила построения языковых выражений, многие правила специально не формулируются, а подразумеваются, вследствие этого всегда могут возникнуть недоразумения. Чтобы исключить такого рода нежелательные явления, логика науки использует для построения научных языков формальные дедуктивные методы

¹ См. П. В. Таванец, В. С. Швырев. Логика научного познания. — «Проблемы логики научного познания». М., 1964, стр. 3—22; П. В. Копнин. Диалектика, логика, наука. М., 1973, стр. 118—130.

математики. Она абстрагируется от конкретного, содержательного значения рассматриваемых в языке терминов и высказываний, чтобы достичь необходимой для науки точности рассуждений, исключающих обращение к фактам и соображениям, которые не фигурируют в посылах вывода. Актуальность такой задачи иллюстрируется, например, историей развития геометрии, когда многие ученые верили, что им удалось доказать пятый постулат Евклида, тогда как на самом деле обнаружилось, что они использовали в рассуждениях посылку, эквивалентную пятому постулату. Все это вызвало необходимость введения специальных правил, которые точно указывают, как образуются сложные термины из простых, высказывания из терминов и каким образом одни высказывания выводятся из других. Такие исследования логической структуры теорий были осуществлены прежде всего в математике, а затем и в некоторых отраслях математического естествознания. В качестве важнейшего средства такого исследования был использован известный еще античной науке аксиоматический метод, только значительно более усовершенствованный. Благодаря этим усовершенствованиям оказалось возможным представить отдельные математические теории или их фрагменты в виде специального формализованного языка, имеющего точно описанную структуру и, самое главное, указывающего, как одни высказывания выводятся из других.

Таким образом, мы видим, что непосредственным предметом логики науки является язык науки — определенное множество правил построения формализованного языка, которые имеют общезначимый характер. И это понятно, ибо законы логики не зависят от специфического содержания мыслей, которые выражены с помощью высказываний. Логика науки, по крайней мере на современном этапе ее развития, исследует лишь те особенности выражения научных знаний, которые могут быть проанализированы с помощью понятий и методов математической или, точнее, современной символической логики.

¹ Под современной символической логикой понимается то направление логических исследований, которое ставит своей целью построение, анализ и интерпретацию различных логических исчислений, формализующих те или иные содержательные теории или их фрагменты.

Такое понимание логики науки в основном определяется уровнем развития современной символической логики и возможностями применения ее аппарата для исследования структуры готового, наличного знания. При этом наибольшие успехи в применении методов этой логики достигнуты в тех науках, которые используют дедуктивные формы умозаключений и оперируют со сравнительно стабильными понятиями (математика и математическое естествознание). Иначе говоря, там, где в большей или меньшей степени можно абстрагироваться от процесса возникновения и развития знания, там методы символической логики дают ощутимые результаты. Но даже в этих науках чисто формальные методы приводят к значительным трудностям и тупиковым ситуациям. Так, после работ известного австрийского математика и логика К. Геделя стала ясной бесперспективность усилий формалистов во главе с Д. Гильбертом обосновать всю математику с помощью формализованного аксиоматического метода. Оказалось, что не все содержательные высказывания математики могут быть логически выведены из имеющихся аксиом. Во всяком случае, для подобной формализации приходится строить все более сильные аксиоматические системы, причем такой процесс нельзя считать законченным на какой-либо стадии исследования. Это служит свидетельством в пользу того, что методы современной символической логики оказываются не подходящими для решения ряда фундаментальных проблем и формальных наук. Неадекватность такого подхода в науках, где приходится считаться с изменением и развитием объектов исследования, не говоря уже об эволюции самого знания, приводит к значительным трудностям, и как следствие — к критике современной логики науки.

В последние годы за рубежом все чаще раздаются голоса в пользу исследования не только готового знания, но и самого процесса формирования и развития этого знания. Если в 30-е годы многие буржуазные философы, в том числе К. Поппер, видели задачу логики научного познания и даже открытия в том, чтобы «построить дедуктивную теорию проверки научных утверждений»¹, то теперь главное внимание чаще обращается на анализ

¹ K. R. Popper. The Logic of Scientific Discovery. London. 1958, p. 30.

самого процесса возникновения новых гипотез, законов и теорий науки. С особой настойчивостью идею о возможности создания логики открытия на Западе защищал Норвуд Р. Хэнсон. Критикуя гипотетико-дедуктивный метод установления и проверки научных теорий, он подчеркивал, что этот метод затемняет первоначальную связь между данными и гипотезой. Такой метод, писал он, может дать основания для принятия гипотезы, но он не показывает, как к ней приходят. Обычно, когда заходит речь о формировании новых гипотез и теорий, многие ученые ссылаются на интуицию, талант и гениальность их создателей и даже на чисто иррациональные моменты, как это делает, например, К. Поппер. Между тем, подчеркивает Хэнсон, процесс поиска гипотезы «часто покоится на весьма разумных основаниях. Если установление гипотез через предсказание имеет свою логику, то такой же логикой должно обладать и получение гипотез»¹. Чтобы сформулировать идею ускорения и гравитации, требуется гений, несколько не меньший, чем гений Галилея или Ньютона. Но это вовсе не значит, что размышления, приводящие к этим идеям, неразумны².

Позиция Хэнсона критиковалась многими буржуазными логиками и философами, которые обвиняли его в психологизации логики. Действительно, процесс научного открытия связан со многими факторами, такими, как воображение, память, интуиция, которые не контролируются логикой и поэтому не являются предметом ее изучения. А между тем они играют существенную роль в открытии новых научных идей. Все эти вопросы изучаются в психологии научного творчества, которая подходит к процессу научного открытия с точки зрения анализа индивидуальных психических свойств и особенностей ученого, осуществляющего научное исследование или сделавшего открытие. Эта отрасль современной психологии располагает весьма ценным эмпирическим материалом, но она пока не может объяснить механизм происхождения новых идей.

Очевидно далеко не все, что характеризует творческий процесс, может быть отнесено к психологии открытия. Логика науки также способна внести весомый вклад в эту проблему. Однако не может быть и речи о созда-

¹ N. R. Hanson. Patterns of Discovery. Cambridge, 1958, p. 71.

² См. там же, стр. 72.

iii) логики, с помощью правил которой можно было бы делать открытия в науке, по той простой причине, что таких правил не существует. Поэтому весьма наивными выглядят теперь попытки Раймонда Луллия механизировать процессы дедуктивного рассуждения, равно как и безуспешные стремления Ф. Бэкона выдать свои правила индукции в качестве средства открытия новых истин в опытных науках.

Логика науки может, однако, реконструировать процесс открытия, осуществив анализ последовательности рассуждений, приводящих к новому результату. Известно, что не существует правил, с помощью которых можно было бы находить и доказывать новые теоремы в математике. Однако после того, как теорема найдена, логик может проверить ее доказательство, т. е. убедиться в том, что она может быть строго логически выведена из аксиом или ранее доказанных теорем. Такой анализ математических доказательств и составляет главную задачу математической логики.

В области опытных наук аналогичную роль выполняет современная индуктивная логика, которую зачастую отождествляют с вероятностной логикой. Обращение к вероятностным методам в этих науках диктуется тем, что большинство обобщений и выводов естествознания и других опытных наук имеет не строго достоверный, а лишь вероятностный характер. Вот почему применение указанных методов может в значительной мере уточнить способы рассуждений, используемых в эмпирических науках, сделать их более точными и эффективными. Однако все эти способы анализа научного знания имеют дело прежде и больше всего с результатами, а не с самим процессом исследования, приемами и методами достижения нового знания. Именно в связи с этим и возникает задача специального изучения средств, приемов и методов научного исследования, чем и занимается методология научного познания, или методология науки.

Нередко понятие методологии науки употребляется в самых различных смыслах¹. Иногда под методологией понимается вся философия вообще или философия науки в частности. Конечно, методология теснейшим образом

¹ См. *М. В. Мостепаненко*. Философия и методы научного познания. Л., 1972, стр. 18—24; *Г. Гиргинов, М. Янков*. Методология как раздел гносеологии. — «Вопросы философии», 1973, № 8.

связана с философией, поскольку именно философией служит мировоззренческой основой любой методологии. Но это не значит, что методологические проблемы полностью совпадают с философскими.

Нередко под методологией науки понимают совокупность любых, достаточно общих методов исследования. При таком подходе исчезает различие между универсальными теоретико-познавательными методами частных наук, не говоря уже о том, что никакая простая совокупность методов не составляет еще методологии. Это скорее объект исследования методологии как общего учения о методе.

Существует и слишком узкий взгляд на методологию, когда она рассматривается как теоретическая основа некоторых специальных, довольно частных приемов и средств анализа. Так, иногда говорят, например, о методологии эффективности производства, о методологии ценообразования и т. д., тогда как в действительности следовало бы скорее говорить здесь о методике. И чрезмерно широкое, расширительное, и чрезмерно узкое, ограничительное понятия методологии науки не могут считаться правильными, так как они не выделяют особый предмет этой науки и не анализируют те специфические понятия, средства и способы исследования, которые она использует.

Главной целью методологии науки является изучение тех средств, методов и приемов исследования, с помощью которых приобретает новое знание в науке. Поскольку эти методы и средства исследования применяются в процессе познания, то следует, пожалуй, говорить не о методологии вообще, а о методологии научного исследования, или познания. Такая характеристика сразу же отграничивает предмет методологии науки от логики науки.

Если основной задачей логики науки является анализ структуры знания, то методология научного исследования анализирует средства, приемы и методы познания, которые применяются для получения этого знания. Как мы уже отмечали, метод представляет определенную последовательность действий, приемов и операций, выполнение которых необходимо для достижения заранее поставленной цели. Цели эти могут быть как практическими, так и теоретическими, познавательными. В науке приходится иметь дело главным образом с познаватель-

ными задачами, или, точнее сказать, проблемами. Такие проблемы в свою очередь могут быть разделены на эмпирические и теоретические, оценочные и методологические. Важно с самого начала подчеркнуть, что каждая проблема в науке требует определенных средств и методов ее решения: по это вовсе не значит, что для решения каждой новой проблемы нужно создавать свои, особые методы.

В любой науке можно выделить некоторую совокупность средств, приемов и методов исследования, оправдавших себя на практике. Наряду с этим можно указать методы исследования, которые являются общими для обширной группы научных дисциплин. Наконец, существуют методы познания, которые являются универсальными или почти универсальными. К числу первых относятся прежде всего диалектический метод познания и действия, развитый в марксистской философии. К почти универсальным методам часто причисляют методы формальной логики и математики.

Методология научного исследования анализирует главным образом те методы и средства познания, которые используются ученым как на эмпирической, так и теоретической стадии исследования. Так, изучая конкретные способы осуществления экспериментов, наблюдений и измерений, методология выделяет существенные признаки, которые присущи любым экспериментам, измерениям и наблюдениям.

Возникает вопрос: в каком отношении находятся методы исследования конкретных, специальных наук с методами, изучаемыми в методологии? Фактически методология как особая наука возникает в связи с необходимостью обобщения и развития тех методов и средств исследования, которые были открыты в частных науках. Например, эксперимент как специальный метод исследования впервые эффективно начал использоваться в механике. Впоследствии он получил весьма широкое распространение в науке, и встал вопрос о выделении его в качестве самостоятельного эмпирического метода исследования. То же самое можно сказать о некоторых теоретических методах. Известно, что аксиоматический метод построения научного знания долгое время считался почти исключительной привилегией математики. В настоящее время он находит все большее распространение и в нематематических науках (физике, теоретической

биологии, лингвистике), не говоря уже о логике пауки, где он служит основным методом построения формализованных языков. Все эти примеры показывают, что методология науки в своем анализе отталкивается от конкретных, частных наук и на этой основе строит свои теоретические обобщения и дает практические рекомендации. На этом основании часто различают методологию как теоретическую дисциплину и как нормативную. Первая ставит своей задачей разработку теорий, систематизирующих методы исследования в зависимости от целей познания. Вторая стремится реализовать эти цели оптимальным образом с помощью известных операций и методов исследования¹.

Методология научного исследования составляет часть общей методологии познания, но часть, несомненно, наиболее существенную и актуальную как с теоретической, так и практической стороны. Она рассматривает наиболее существенные с познавательной точки зрения особенности и признаки методов исследования, раскрывает методы по их общности и глубине анализа. Такой анализ значительно облегчается благодаря возникновению целого ряда специальных теорий, которые ставят своей задачей изучение тех или иных особенностей общих методов познания, а также методов, используемых во многих науках. Так, математическая теория эксперимента раскрывает важнейшие количественные способы, с помощью которых планируется эксперимент и обрабатываются его результаты. Поэтому с ее выводами и рекомендациями вынужден считаться всякий современный исследователь-экспериментатор. Методологию науки математическая теория эксперимента и сама экспериментальная техника интересуют лишь в той мере, в какой они дают возможность понять роль экспериментального метода в получении первичной эмпирической информации, а также как специальный способ проверки гипотез

¹ Попытка более точного определения различия между теоретической и практической методологией предпринята польским философом Ежи Кмита, который, отираясь на идею Л. Новака о том, что определяющим фактором практически разрабатываемых наук является наличие оптимизирующих утверждений, видит отличие практической методологии от теоретической в формулировании утверждений, оптимизирующих реализацию познавательных задач при помощи определенных исследовательских действий. См. *Ежи Кмита, Методология науки как теоретическая дисциплина.* — «Вопросы философии». 1973. № 4, стр. 101.

и теорий в опытных науках. То же самое следует сказать о таких общетеоретических методах, как системно-структурный анализ, семиотика, теория моделей и другие.

Методология как общее учение о методе не сводится к простой совокупности ни частных, ни общих методов исследования. При анализе как частных, так и более общих методов исследования она изучает прежде всего возможности и границы применения этих методов в процессе достижения истины, их роль и место в познании. Поэтому многие авторы справедливо считают ее специальным разделом гносеологии, исследующим формы и методы научного познания. При этом часто различают методы построения и организации наличного знания и методы достижения нового знания, которые по сути дела представляют методы научного исследования. Такое противопоставление довольно относительно, так как результаты исследования приходится определенным образом систематизировать и в этих целях использовать разработанные наукой методы организации и построения знания. С другой стороны, систематизация накопленного наукой знания во многих случаях требует специального исследования, и, следовательно, применения специфических методов анализа². Однако различие между этими методами остается, поскольку существует отличие между результатом и процессом исследования.

Учитывая это различие, часто говорят о методологии научного познания в широком и узком смысле слова. В первом случае речь идет об анализе как методов построения наличного знания, так и методов его получения и расширения. Во втором случае ограничиваются только рассмотрением методов и средств достижения нового знания, т. е. по сути имеют дело с методами научного исследования. Но в обоих случаях предметом анализа остаются методы познания, поэтому методология с полным правом может рассматриваться как составная часть теории познания.

В то время как гносеология ставит своей целью изучение общих закономерностей процесса познания, его ступеней и форм, методология сосредоточивает свои уси-

¹ См. В. А. Штофф. Введение в методологию научного познания. Л., 1972, стр. 14; Г. Гиргинов, М. Янков. Методология как раздел гносеологии. — «Вопросы философии», 1973, № 8, стр. 128.

² См. И. С. Ладенко. Интеллектуальные системы и логика. Новосибирск, 1973.

лия на исследовании средств и методов познания. Такое размежевание областей исследования отнюдь не исключает взаимовлияния методологии и гносеологии друг на друга. При анализе методов познания нельзя не учитывать общих закономерностей процесса познания, открытых гносеологией. В свою очередь результаты методологических исследований значительно обогащают и конкретизируют общие положения гносеологии, уточняют и развивают их. Об этом свидетельствует вся история гносеологии и методологии познания.

3. Основные этапы развития методологии науки

Как показывает история познания, методология науки начала формироваться в самостоятельную отрасль исследования в эпоху Возрождения, когда возникло опытное, экспериментальное изучение природы. Именно в этот период с особой остротой выдвигаются задачи разработки новых средств и методов исследования, не известных ни античной, ни средневековой науке. Было бы, однако, неправильным не замечать целого ряда ценных идей и методов, развитых в предшествующие эпохи. Наибольшее внимание здесь заслуживает деятельность античных мыслителей. «В многообразных формах греческой философии, — указывает Ф. Энгельс, — уже имеются в зародыше, в процессе возникновения, почти все позднейшие типы мировоззрений¹». В лоне этой философии вызревали "и важнейшие методологические идеи античной науки, которая еще не отделилась полностью от философии. Характер этих идей в существенной степени определяется общими особенностями древнегреческой науки. Поскольку греки не знали экспериментального естествознания, то их наука в значительной мере носила умозрительный характер. Поэтому и методы, которые они разрабатывали, применимы главным образом в дедуктивных-науках, прежде всего в математике. Важнейшим достижением того времени было открытие аксиоматического метода, который был мастерски использован Евклидом в его знаменитых «Началах». Этот труд почти два с лишним тысячелетия был образцом строгости математического изложения, а сам аксиоматический метод

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 369.

стал важнейшим методом построения теорий современной математики и математического естествознания.

Ничуть не меньшую ценность представляет разработка античными философами основных принципов и законов дедуктивных рассуждений, нашедшая свое завершение в построении теории силлогистики Аристотелем. Хотя непосредственным стимулом для создания логики Аристотеля послужили запросы политической жизни его времени, а именно: необходимость систематизации принципов и правил ведения публичных дискуссий, — тем не менее его логика была с успехом использована для анализа доказательств в математике, классификации и систематизации эмпирического материала в описательном естествознании.

Даже в античную эпоху, когда логико-методологические исследования ограничивались в основном систематизацией накопленного знания, поиски средств и методов открытия новых научных истин занимали умы выдающихся мыслителей. Наиболее подходящим способом таких открытий греки признавали, по-видимому, метод дискуссий, в результате которых отсеивались ненадежные предположения и маловероятные догадки. Подобного рода дискуссии опирались на использование гипотетико-дедуктивных рассуждений, в которых правильность догадок или гипотез проверялась по тем следствиям, которые из них вытекали. Задача оппонента в дискуссии сводилась к тому, чтобы показать противоречивый характер следствий, вытекающих из принятых его противником гипотез. Обнаружение противоречий в ходе спора и составляет сущность античного понимания диалектики как особого метода познания. По мнению многих античных философов, открытие истины через дискуссию, обнаружение и преодоление противоречий представляет надежный способ подхода ко всем открытиям. «Под влиянием Сократа открытие через дискуссию, несомненно, было идеалом трех гигантов золотого века греческой философии — Платона, Аристотеля и самого Сократа»¹.

Общий упадок науки в средние века не мог стимулировать и исследования в области ее методологии. Только в конце XIII—XIV в. в Италии и во Франции среди последователей Аристотеля вновь оживляется интерес к

проблемам логики и методологии науки. Именно в этот период постепенно складывается убеждение, что теории естественных наук имеют лишь вероятностный характер. Поэтому и метод исследования таких проблем должен отличаться от математики. В то время как в математике чаще всего приходится обращаться к дедукции, в опытных науках строятся обобщения, имеющие характер гипотез. Правильность их может быть проверена только с помощью опыта. В школах Падуи и Парижа впервые осознается важность и необходимость осуществления специальных экспериментов для проверки тех или иных гипотез, формулируются все основные компоненты гипотетико-дедуктивного метода исследования, широко применяемого в современном естествознании. Наибольший вклад в разработку этого метода внесли последователи Аристотеля в Падуе, среди которых особенно выделялся Якопо Забарелла, оказавший влияние и на Галилея.

Низкий уровень развития науки того времени не дал возможности ученым из Падуи продемонстрировать адекватность и эффективность своих идей в области методологии. Однако они настойчиво пропагандировали мысль о необходимости опытного изучения природы, отказа от схоластических методов мышления.

Формирование основных идей методологии науки начинается в эпоху Возрождения и особенно интенсивно происходит в Новое время. Развитие производительных сил нарождавшегося капиталистического общества стимулировало опытное исследование природы, возникновение и развитие экспериментального естествознания. Естествознание в свою очередь нуждалось в новых методах количественного исследования процессов, что и привело к открытию метода анализа бесконечно малых — дифференциального и интегрального исчисления.

И математика, и в особенности естествознание этой эпохи не могли довольствоваться ни старой логикой, ни прежними методами познания. Они нуждались в новых средствах и методах исследования, разработкой которых занялись выдающиеся ученые и философы того времени. Исследование и анализ проблем логики и методологии научного познания велись по двум основным направлениям.

Во-первых, по линии создания индуктивной логики и разработки экспериментальных методов исследования. Родоначальником классической индуктивной логики при-

¹ P. R. Durbin. Logic and Scientific Inquire. Milwaukee, 1968, p. 33.

нято считать Фрэнсиса Бэкона, который рассматривал свою логику как инструмент для открытия новых истин в науке. Именно поэтому он противопоставляет свой «Новый Органон» как логику открытия «Органону» Аристотеля как логике доказательства. Дальнейшее развитие и систематизацию индуктивная логика получила в трудах целого ряда ученых, из которых следует выделить английского астронома В. Гершеля и логика Дж. Стюарта Милля. Последнего часто называют систематизатором идеи Ф. Бэкона. Действительно, после работ Милля стало ясно, что методы классической индукции (сходства, различия, объединенный метод и метод сопутствующих изменений) приспособлены главным образом для обнаружения простейших эмпирических зависимостей между непосредственно наблюдаемыми на опыте свойствами предметов и явлений. В самом деле, когда мы устанавливаем, что два явления различаются только единственным признаком, мы сразу же можем заключить, что этот признак и служит эмпирической причиной интересующего нас следствия. Такой же характер имеют другие методы классической индукции. Они просто систематизируют те простейшие способы познания, которыми мы пользуемся в любом эмпирическом исследовании. Между тем Бэкон считал свои методы универсальным инструментом открытия любых научных истин, а Милль — методом обнаружения любых причин и следствий явлений.

По мере развития естествознания становилось все более очевидным, что эти методы играют лишь вспомогательную роль, так как открытие глубоких теоретических законов науки не может совершаться по заранее заданным канонам логики. Выдающиеся творцы науки Нового времени отдавали себе отчет в том, что процесс научного исследования требует использования всего арсенала средств и методов познания, мобилизации всех способностей и усилий ученого, в ряду которых существенную роль играет опыт и талант исследователя. Ясно поэтому, что открытие новых научных истин предполагает широкое использование догадок и гипотез, правильность которых может быть проверена с помощью эксперимента.

Основоположником экспериментального метода исследования природы является Галилео Галилей. Нередко полагают, что его заслуга состоит в том, что он заменил

умозрительный, дедуктивный метод античных мыслителей эмпирическим, экспериментальным методом. Галилей, действительно, считал эксперимент важнейшим средством не только проверки гипотез и теорий, но и их обоснования. Однако он не был крайним эмпириком, как Ф. Бэкон или Д. С. Милль. Прежде чем поставить эксперимент, необходимо проанализировать имеющиеся факты, выяснить связь между ними и на этой основе сформулировать некоторое предположение, или гипотезу. Правильность такой гипотезы, указывает Галилей, обнаружится впоследствии, когда мы ознакомимся с выводами из этой гипотезы, точно согласующимися с данными опыта¹. Экспериментальное исследование у Галилея неразрывно связано с теоретическим, индукция с дедукцией. В своей научной практике Галилей широко использовал гипотетико-дедуктивный метод, представляющий органический синтез индуктивной фазы исследования с дедуктивной.

Впоследствии этот метод был развит И. Ньютоном в метод принципов, сыгравший существенную роль в построенном им здании классической механики. Принципами он называет наиболее общие причины, лежащие в основе физики. Путь к открытию этих принципов лежит «в производстве опытов и наблюдений, извлечении общих заключений из них посредством индукции и недопущении иных возражений против заключений, кроме полученных из опыта или других достоверных истин»². Отсюда видно, что индукция у Ньютона играет совершенно иную роль, чем у Бэкона. В то время как последний считал ее методом обнаружения и доказательства новых истин, Ньютон рассматривал ее как предварительную стадию исследования, цель которой состоит в выдвижении «общих заключений» предположительного характера. Дальнейший этап исследования, состоящий в выведении следствий из этих заключений и проверке их на опыте, должен либо подтвердить, либо опровергнуть их. Следовательно, и в данном случае мы имеем дело с гипотетико-дедуктивным методом исследования, который нашел блестящее воплощение в ньютоновских «Математических началах натуральной философии». Даже беглый обзор

¹ См. Г. Галилей. Избранные труды, т. II. М., 1964, стр. 253—

² И. Ньютон. Оптика. М.—Л., 1927, стр. 314.

взглядов Галилея и Ньютона убеждает в том, что их методология науки отнюдь не являлась ни чисто индуктивной, ни эмпирической, хотя по роду своей деятельности они имели дело с опытными науками.

Второе направление исследований в области научного метода ставило своей целью анализ и разработку приемов и способов познания в абстрактных, теоретических науках, прежде всего в математике. Характерной чертой многих из этих исследований является стремление использовать дедуктивный метод математики в качестве универсального метода познания. По мнению Р. Декарта, этот метод может успешно применяться не только в таких традиционных математических дисциплинах, как арифметика и геометрия, но также в астрономии, музыке, оптике, механике и многих других науках, считающихся как бы частями математики¹. Соответственным образом расширенная математика должна рассматривать «либо порядок, либо меру, и совершенно несущественно, будут ли это числа, фигуры, звезды, звуки или что-нибудь другое, в чем отыскивается эта мера; таким образом, должна существовать некая общая наука, объясняющая все относящееся к порядку и мере, не входя в исследование никаких частных предметов, и эта наука должна называться... именем всеобщей математики»². Эта программа создания всеобщей математики хотя и содействовала использованию математических методов в других науках, но так и осталась неосуществленным проектом.

Идеи Декарта получили дальнейшее развитие в трудах другого великого математика и философа Г. В. Лейбница. В отличие от Декарта он поставил своей задачей создать новую логику, которая помогала бы остальным наукам делать открытия и проводить доказательства. Такая логика, получившая впоследствии название символической, или математической логики, позволяет контролировать наши рассуждения посредством отображения их в некотором символическом исчислении. Лейбниц надеялся с ее помощью свести всякое рассуждение и спор к вычислению. «В случае возникновения споров, — писал, он, — двум философам не придется больше прибегать к спору, как не прибегают к нему счетчики. Вместо

спора они возьмут перья в руки, сядут за доски¹ и скажут друг другу: «будем вычислять!»²».

Последующее развитие исследований в области математической логики и оснований математики показало утопичность этой программы Лейбница. Оказалось, что даже такая сравнительно простая математическая дисциплина, как арифметика, не может быть полностью формализованной. И все же средства и методы математической логики, родоначальником которой справедливо считают Лейбница, могут быть с успехом применены для анализа структуры не только математических, но и других теорий.

Попытки создания логики открытия или универсального метода получения новых истин, о которых мечтали выдающиеся мыслители Нового времени, были подвергнуты резкой критике философами прошлого и в особенности нынешнего столетий. Под влиянием неудач своих предшественников многие из них стали доказывать, что разработка методов достижения нового знания в науке совершенно не относится ни к логике, ни к методологии научного познания. Поскольку при исследовании ученый вынужден считаться со многими факторами нелогического и даже неконтролируемого характера, такими, как догадка, вера, интуиция и т. п., то ряд философов стал заявлять, что анализ методов научного исследования должен осуществляться в рамках психологии, в такой ее отрасли, как психология научного творчества. Отдельные ученые вообще стали отрицать возможность рационального анализа процесса исследования в науке.

Эти умонастроения наиболее резко выражены логическим позитивизмом, претендующим на роль единственно верной философии науки. Представители его объявили заблуждением всю предшествующую философию, а такую ее проблему, как отношение мышления к бытию, сознания к материи, — псевдопроблемой. Основной целью философии они провозгласили логический анализ языка науки. Поскольку главным инструментом такого анализа у логических позитивистов служит символическая логика вместе с формализованным аксиоматическим методом, то их исследования имеют дело не с полнокровным, живым и развивающимся научным знанием, а с

¹ См. *Р. Декарт*. Избранные произведения. М., 1950, стр. 93.

² Там же, стр. 93—94.

¹ Речь идет о счетной доске-абаке.

«Новые идеи в математике», сб. Лг 1. СПб., 1914, стр. 87.

некоторой совокупностью готовых результатов и открытых истин. Конечно, логический анализ научного знания является необходимым этапом в процессе исследования, так как он дает возможность раскрыть логическую структуру знания. Но сам по себе этот этап отнюдь не достаточен, чтобы получить верное представление о науке и ее развитии. Между тем неопозитивисты чрезмерно преувеличивают его значение. Даже в математике, где символическая логика и аксиоматический метод находят наиболее широкое применение, не все ее проблемы могут быть решены с помощью этих средств. В еще большей степени это относится к естественнонаучным теориям, где формальные методы анализа гораздо труднее использовать, а самое главное — результаты такого анализа дают весьма неполное и схематическое представление об их специфике. Мы не говорим уже о том, что упомянутые методы не могут вскрыть причины и движущие силы возникновения и развития научного знания.

Ошибочность общей программы логических позитивистов становилась все более очевидной по мере развития науки, а также под влиянием критики как со стороны антипозитивистски настроенных зарубежных ученых, так и со стороны философов-марксистов. В результате этого такие лидеры неопозитивизма, как Р. Карнап, К. Гемпель, Г. Фейгль и некоторые другие, значительно изменили свои прежние взгляды по целому ряду проблем¹. Однако они по-прежнему претендуют на нейтральность в споре между материализмом и идеализмом. Между тем такая претензия явно беспочвенна. В. И. Ленин в книге «Материализм и эмпириокритицизм», разбирая позитивистские установки Э. Маха, убедительно показал, что позитивисты не преодолевают различий между материализмом и идеализмом, а являются эклектиками. Поэтому В. И. Ленин рассматривал позитивизм как презренную *партию середины* в философии².

Один из существенных пороков неопозитивистской философии состоит в игнорировании проблем возникновения и развития научного знания, в недооценке методов, с помощью которых достигается новое знание. По существу они отрицают возможность существования са-

мой методологии, ставящей целью анализ методов научного исследования. Не случайно целый ряд прогрессивных ученых за рубежом выступает против неопозитивистской философии, видя в ее догматах угрозу для науки. Однако зачастую критика неопозитивизма ведется с позиций стихийного естественнонаучного материализма, не исследующего диалектики развития научного знания².

Подлинно научная методология познания должна опираться на принципы, категории и законы материалистической диалектики, рассматривающей объективный мир и его отображение в понятиях и теориях науки в непрерывном процессе изменения и развития. Диалектический взгляд на развитие науки дает возможность правильно понять не только историческую перспективу эволюции науки в целом, но и роль различных частных методов в ее становлении и росте. Только в рамках общей методологии диалектического материализма можно верно оценить значение, границы применения и возможности общих и частных методов научного исследования и познания вообще.

¹ См. И. Лакатос, Доказательства и опровержения. М., 1967, стр. 7.

² «The Legacy of Logical positivism». Baltimore, 1969.

¹ Эволюцию взглядов неопозитивистов можно проследить в последней книге Р. Карнапа «Философские основания физики». М., 1971.

² См. б. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 18, стр. 361.

Научная проблема

Всякое исследование в науке предпринимается для того, чтобы преодолеть определенные трудности в процессе познания новых явлений, объяснить ранее неизвестные факты или выявить неполноту старых способов объяснения известных фактов. Эти трудности в наиболее отчетливом виде выступают в так называемых проблемных ситуациях, когда существующее научное знание, его уровень и понятийный аппарат оказываются недостаточными для решения новых задач познания. Осознание противоречия между ограниченностью имеющегося научного знания и потребностями его дальнейшего развития и приводит к постановке новых научных проблем.

Научное исследование не только начинается с выдвижения проблемы, но и постоянно имеет дело с проблемами, так как решение одной из них приводит к возникновению других, которые в свою очередь порождают множество новых проблем. Разумеется, не все проблемы в науке являются одинаково важными и существенными. Уровень научного исследования в значительной мере определяется тем, насколько новыми и актуальными являются проблемы, над которыми работают ученые. Выбор и постановка таких проблем определяются целым рядом объективных и субъективных условий. Однако любая научная проблема тем и отличается от простого вопроса, что ответ на нее нельзя найти путем преобразования имеющейся информации. Решение проблемы всегда предполагает выход за пределы известного и поэтому не может быть найдено по каким-то заранее известным, готовым правилам и методам. Это не исключает возможности и целесообразности планирования исследования, а также использования некоторых вспомогательных, эвристических средств и методов для решения конкретных проблем науки.

1. Выбор и постановка научных проблем

Возникновение проблемы свидетельствует о недостаточности или даже об отсутствии необходимых знаний, методов и средств для решения новых задач, постоянно выдвигаемых в процессе практического и теоретического освоения мира. Как уже отмечалось, противоречие между достигнутым объемом и уровнем научного знания, необходимостью решения новых познавательных задач, углубления и расширения существующего знания и создает проблемную ситуацию. В науке такая ситуация чаще всего возникает в результате открытия новых фактов, которые явно не укладываются в рамки прежних теоретических представлений, т. е. когда ни одна из признанных гипотез, законов или теорий не может объяснить вновь обнаруженные факты. С наибольшей остротой подобные ситуации проявляются в переломные периоды развития науки, когда новые экспериментальные результаты заставляют пересматривать весь арсенал существующих теоретических представлений и методов. Так, в конце XIX и начале XX века, когда были открыты радиоактивность, квантовый характер излучения, превращение одних химических элементов в другие, дифракция электронов и множество других явлений, то на первых порах физики попытались объяснить их с помощью господствовавших в то время классических теорий. Однако безуспешность таких попыток постепенно убедила ученых в необходимости отказаться от старых теоретических представлений, искать новые принципы и методы объяснения.

Создавшаяся проблемная ситуация сопровождалась мучительной переоценкой многими учеными существующих научных ценностей, пересмотром своих мировоззренческих установок. Такой пересмотр не всегда приводил к правильным выводам. Не зная диалектики, ряд ученых стал истолковывать новые открытия в физике в идеалистическом духе. «Отрицая неизменность известных до тех пор элементов и свойств материи, — указывал В. И. Ленин, — они скатывались к отрицанию материи, то есть объективной реальности физического мира. Отрицая абсолютный характер важнейших и основных законов, они скатывались к отрицанию всякой объективной закономерности в природе, к объявлению закона

природы простой условностью, «ограничением ожидания», «логической необходимостью» и т. п. Настаивая на приблизительном, относительном характере наших знаний, они скатывались к отрицанию независимого от познания объекта, приблизительно верно, относительно правильно отражаемого этим познанием»¹.

В. Гейзенберг, характеризуя этот период зарождения новой физики, отмечал, что новые вопросы, вставшие перед учеными, практически «имели дело с явными и удивительными противоречиями в результатах различных опытов»². Именно противоречия между новыми экспериментальными результатами и старыми попытками их объяснения привели к тем психологическим и мировоззренческим конфликтам, которые так ярко описали В. Гейзенберг, М. Планк и другие творцы современной физики. «Я вспоминаю, — писал В. Гейзенберг, — многие дискуссии с Бором, длившиеся до ночи и которые приводили почти в отчаяние. И когда я после таких обсуждений предпринимал прогулку в соседний парк, передо мной снова и снова возникал вопрос, действительно ли природа может быть такой абсурдной, как она представляется... в этих атомных экспериментах»³.

Не всякая проблемная ситуация сопряжена, разумеется, с подобного рода конфликтами в мировоззрении и психологии ученых. В данном случае речь идет о ситуациях, которые выдвигают фундаментальные проблемы и приводят к революционным изменениям в науке. Точно так же не всякая проблемная ситуация в науке возникает вследствие противоречия между новыми фактами и старыми способами их объяснения. Хорошо известно, например, что многие проблемы в математике возникают под воздействием не только новых задач, поставленных развитием естествознания и техники, но и внутренней логики развития самой математической науки. Так, возникновение целого ряда математических проблем было вызвано необходимостью более глубокого и строгого обоснования различных математических дисциплин. На протяжении более двух тысяч лет многие первоклассные математики пытались разрешить проблему параллельных, т. е. доказать пятый постулат Евклида с

¹ В. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 18, стр. 277.

² В. Гейзенберг. Физика и философия. М., 1963, стр. 16—17.

³ Там же, стр. 23.

помощью известных аксиом геометрии, пока Н. И. Лобачевский и Я. Бойаи не построили новую, неевклидову геометрию и тем самым совершенно по-новому поставили старую проблему. Трудности, выявившиеся при теоретико-множественном обосновании современной математики, которые наглядно выступают в виде парадоксов или антиномий этой теории, со всей остротой выдвигают проблему поиска новых средств и методов обоснования математики. И хотя на этом пути уже немало сделано, в целом эту проблему нельзя считать разрешенной.

Итак, возникновение проблемной ситуации в науке свидетельствует либо о противоречии между старыми теориями и вновь обнаруженными фактами, либо о недостаточной корректности и разработанности самой теории, либо о том и другом одновременно.

Проблемные ситуации, возникающие в науке, в самом общем виде можно охарактеризовать как объективную необходимость изменения теоретических представлений, средств и методов познания в узловых пунктах развития той или иной отрасли пауки. При этом речь идет о ситуациях, которые приводят не только к революционным изменениям в науке, но и к любым более или менее значительным открытиям. Американский специалист в области истории и методологии науки Томас Кун в книге «Структура научных революций» квалифицирует такие ситуации как изменение так называемых парадигм, а сами научные революции — как переход от нормального состояния науки к аномалиям.¹

Хотя с данной им характеристикой научных революций согласиться нельзя, тем не менее понятие парадигмы может быть использовано для анализа проблемных ситуаций, по крайней мере в естествознании. Действительно, это понятие дает возможность точнее охарактеризовать, что именно требует пересмотра и изменения в результате открытия новых экспериментальных фактов и теоретических выводов. По мнению Т. Куна, парадигмы, свойственные тому или иному периоду развития науки, связаны, во-первых, с использованием некоторых общих законов для объяснения явлений. В классической механике к ним относятся законы Ньютона, в электродинамике — уравнения Максвелла и т. д. Во-вторых, они

¹ T. S. Kuhn. The Structure of Scientific Revolutions, p. 52, 64[^]-65.

опираются на принятие определенных моделей для исследования явлений, начиная от моделей эвристического типа и кончая онтологическими. В-третьих, парадигмы основываются на признании некоторых критериев ценностного характера и, наконец, в-четвертых, они формируют тот образец или, если угодно, стиль исследования, которому следует большинство ученых определенной отрасли науки¹.

Перечисленные элементы действительно претерпевают изменения при переходе от одной проблемной ситуации к другой. При этом основное значение Кун приписывает изменению законов, служащих для объяснения явлений, или, как он их называет, символических обобщений фактов. Не говоря уже о революционных изменениях в науке, когда происходит коренной пересмотр ее понятий и законов, даже исследование разных случаев проявления некоторого общего закона требует его модификации. Вот почему Т. Кун справедливо отмечает, что «когда исследователь или практик науки идет от одной проблемной ситуации к другой, то меняются манипуляции с символическими обобщениями»².

Анализ проблемной ситуации в конечном итоге и приводит к постановке новых проблем. При этом, чем более фундаментальной является проблема, тем более общий и абстрактный характер имеет ее первоначальная формулировка. Но, как правило, именно фундаментальные проблемы определяют постановку других, более частных проблем. Нередко только после решения целого ряда взаимосвязанных частных проблем удастся более точно сформулировать, а затем и решить фундаментальную проблему.

Правильная постановка и ясная формулировка новых научных проблем нередко имеет не меньшее значение, чем решение самих проблем. Правильно поставленный вопрос, справедливо подчеркивает В. Гейзенберг, порой означает больше, чем наполовину решение проблемы. Чтобы правильно поставить проблему, необходимо не только видеть проблемную ситуацию, но и указать возможные способы и средства ее решения.

Умение видеть новые проблемы, ясно их ставить, а также указывать возможные пути их решения харак-

¹ *T. S. Kuhn. The Structure of Scientific Revolutions*, p. 182—186.

² Там же, стр. 188.

теризуют степень талантливости ученого, его опыта и знаний. Не существует никаких рецептов, указывающих, как надо ставить новые проблемы, в особенности фундаментальные. Разумеется, опыт и знания, помноженные на талант, лучше всего содействуют этой цели. Не случайно поэтому наиболее важные проблемы выдвигаются выдающимися учеными той или иной отрасли науки, много поработавшими в ней и хорошо освоившимися со специфическими ее трудностями. Известно, что многие оптические проблемы, сформулированные Ньютоном в его книге «Оптика», стали предметом исследования ученых на протяжении целого столетия. То же самое следует сказать о проблеме тяготения. Открыв закон всемирного тяготения, Ньютон не раз отмечал, что ему удалось найти лишь количественную связь между тяготеющими массами. Природа же тяготения, механизм взаимного притяжения тел остаются нераскрытыми до сих пор, хотя общая теория относительности А. Эйнштейна значительно расширила наши знания по этой проблеме.

В математике XX в. целая программа исследования наиболее актуальных ее проблем была предложена крупнейшим немецким ученым Д. Гильбертом на Международном математическом конгрессе в 1900 г. Многие из этих проблем сейчас уже решены, некоторые все еще ждут решения, но все они на протяжении многих десятилетий оказывали стимулирующее воздействие на математическую мысль. Эти примеры ясно показывают, что выдвижение крупных, фундаментальных проблем науки по плечу только очень талантливым, опытным ученым, обладающим широким взглядом на свою область исследований и видящим перспективы ее развития.

Постановка научных проблем находится в прямой зависимости от их выбора. Чтобы сформулировать проблему, надо не только оценить ее значение в развитии науки, но и располагать методами и техническими средствами для ее решения. Это означает, что не всякая проблема может быть немедленно поставлена перед наукой. Здесь-то и возникает весьма сложная и трудная задача по отбору и предварительной оценке тех проблем, которые призваны играть первостепенную роль в развитии науки. По существу именно выбор проблем, если не целиком, то в громадной степени, определяет стратегию исследования вообще и направление научного поиска в

особенности. Ведь всякое исследование призвано решать определенные проблемы, которые в свою очередь способствуют выявлению новых проблем, ибо, как отмечает Луи де Бройль, «...каждый успех нашего познания ставит больше проблем, чем решает...»¹.

В конечном итоге выбор проблем, как и исследований, предпринимаемых в науке, детерминируется потребностями общественной практики. Именно в ходе практической деятельности наиболее рельефно выявляется противоречие между целями и потребностями людей и имеющимися у них средствами, методами и возможностями их реализации. Однако познание, как известно, не ограничивается решением проблем, связанных с непосредственными практическими потребностями. С возникновением науки все более значительную роль начинают играть запросы самой теории, что находит свое выражение в относительной самостоятельности ее развития и конкретно воплощается во внутренней логике развития науки.

Любой ученый, приступая к исследованию, вынужден считаться с объективными факторами, определяющими успех его дела. К числу таких факторов, несомненно, принадлежит степень зрелости или развитости предмета исследования. Это существенно для наук, анализирующих генетически или исторически развивающиеся объекты. Так, элементы капитализма начали складываться еще в недрах феодализма, однако проблему анализа его сущности и законов развития К. Маркс смог поставить и разрешить лишь тогда, когда его противоречия определились достаточно полно. В. И. Ленин выдвинул и решил проблему анализа высшей стадии развития капитализма— империализма, когда явно обнаружилось его основные признаки, совершился переход старого, домнополистического капитализма к капитализму монополистическому. Это, конечно, не означает, что монополии не существовали раньше, но тогда они не играли той решающей экономической и политической роли, которую стали играть при империализме. Эти примеры свидетельствуют о том, что при исследовании развивающихся объектов постановка и решение проблем, выявление законов их функционирования в существенной степени зависят от степени зрелости этих объектов. Познание,

„о словам Маркса, «ставит себе всегда только такие задачи, которые оно может разрешить, так как при ближайшем рассмотрении всегда оказывается, что сама задача возникает лишь тогда, когда материальные условия ее решения уже имеются налицо, или, по крайней мере, находятся в процессе становления»¹.

Выбор и постановка научных проблем в огромной степени зависят от уровня и состояния знаний в той или иной отрасли науки. Это такой же объективный фактор, как и степень зрелости исследуемого объекта, и ученый вынужден с ним считаться. Поскольку возникновение проблемы свидетельствует о недостатке существующих в науке знаний, то первая задача исследователя состоит в том, чтобы конкретно выявить пробелы и дефекты в имеющихся гипотезах и теориях. Однако во всей последующей работе он должен максимально использовать все накопленное и проверенное знание. В опытных науках это знание обычно представлено твердо установленными фактами, эмпирическими обобщениями, законами, надежно подтвержденными теориями.

В зрелой науке любая проблема возникает в рамках определенной теории, поэтому и сам выбор проблемы в значительной мере детерминируется теорией. При этом разработанность и уровень имеющейся теории во многом определяет глубину проблемы, ее характер. Можно сказать, что каждая достаточно широкая теория потенциально определяет совокупность тех проблем, которые впоследствии могут быть выдвинуты на ее основе исследователями. Научная проблема тем и отличается от разного рода псевдопроблем и ненаучных спекуляций, что она опирается на твердо установленные факты и подтвержденное теоретическое знание. В противоположность этому псевдопроблемы возникают, как правило, при отсутствии сколько-нибудь надежной теории. Поэтому они в лучшем случае опираются лишь на произвольно истолкованные эмпирические факты. Так обстояло дело, например, с проблемой поиска особой жизненной силы в биологии, а в наше время то же самое следует сказать о псевдопроблемах, выдвинутых сторонниками фрейдизма и психоанализа.

Выбор проблем для исследования во многом зависит также от наличия специальной техники и методики ис-

¹ Луи де Бройль. По тропам науки. М., 1962, стр. 317.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 13, стр. 7.

следования. Поэтому нередко ученые, прежде чем приступить к решению проблемы, создают сначала методы и технику для соответствующих исследований. Все перечисленные факторы, характеризующие состояние объекта исследования, а также объем и уровень наших знаний о нем, оказывают определяющее влияние на выбор проблем в науке. Эти факторы не зависят от воли и желания ученого и поэтому квалифицируются обычно как объективные предпосылки исследования.

Кроме них существуют еще субъективные факторы, которые также оказывают немаловажное влияние как на постановку, так и на выбор проблем для исследования. К ним относятся прежде всего интерес ученого к исследуемой проблеме, оригинальность его замысла, эстетическое и нравственное удовлетворение, которое испытывает исследователь при ее выборе и решении. Хотя эти побудительные факторы играют весьма существенную роль в научном познании, они составляют скорее предмет изучения психологии научного творчества, чем методологии науки.

2. Разработка и решение научных проблем

В самом начале, когда лишь осознается противоречие между уровнем и объемом достигнутого знания и невозможностью с его помощью объяснить новые явления и факты, проблема может быть поставлена лишь в самой общей форме, в виде некоторого проблемного замысла или идеи. Эта идея требует всесторонней разработки и развития, чтобы можно было наметить некоторые возможные пути ее реализации. В противном случае она надолго может остаться на стадии общего замысла, т. е. будет фиксировать существующую трудность в науке, ставить в весьма неопределенной форме задачу, но не указывать никаких возможных способов решения или хотя бы подходов к такому решению.

Разработка первоначального проблемного замысла ведется по линии как подкрепления его основной идеи фактическими данными, так и установления связей этой идеи с существующими теоретическими представлениями. При теоретическом анализе самое серьезное внимание обращается также на выяснение логических связей рассматриваемой проблемы с другими проблемами и в

особенности на возможность расчленения основной проблемы на более простые и элементарные проблемы. На необходимость этого указывал уже выдающийся французский философ и математик Ренэ Декарт в «Рассуждении о методе». Во втором правиле он требовал «делить каждое из исследуемых... затруднений на столько частей, сколько это возможно и нужно для лучшего «их преодоления»¹. В третьем правиле он рекомендует «придерживаться определенного порядка мышления, начиная с предметов наиболее простых и наиболее легко познаваемых и восходя постепенно к познанию наиболее сложного, предполагая порядок даже и там, где объекты мышления вовсе не даны в их естественной связи»².

Научное исследование имеет дело не с отдельными, изолированными проблемами, а с определенной их системой. Эта система упорядочена, по крайней мере во временном отношении, т. е. относительно времени выдвижения и решения отдельных проблем. Но сама эта упорядоченность составляет лишь внешнее проявление более глубокой внутренней связи, существующей между элементами проблемной системы. Проблема, которая логически предшествует другим, должна, естественно, ставиться и решаться раньше, хотя при ее исследовании может возникнуть ряд новых проблем, которые прольют дополнительный свет как на решенные, так и на нерешенные проблемы.

Выявление очередности решения проблем определяется в первую очередь спецификой исследования в той или иной отрасли науки, но зависит также от опыта и проницательности ученого. Для того чтобы исследование было целенаправленным и эффективным, необходимо придерживаться определенного порядка в выдвижении и решении проблем, выделенных из общей системы. Этот порядок и составляет стратегию или общее направление исследования. Очевидно, что всякий научный поиск не может осуществляться с неизменной стратегией, так как в ходе исследования обнаруживаются новые, неожиданные явления и проблемы, которые заставляют менять стратегию, согласовывать ее с вновь обнаруженными результатами. Все это не умаляет значения планирования и организации в процессе исследования. Важно только,

¹ Р. Декарт. Избранные произведения, стр. 272.

² Там же.

чтобы порядок выдвижения и решения проблем вытекал из внутренних потребностей и целей исследования, а не диктовался внешними для науки соображениями.

Что касается разработки проблемного замысла, а тем более решения конкретной научной проблемы, то здесь нельзя указать на какие-либо жестко фиксированные правила действий. Существует, однако, более узкий взгляд на проблемы, который связан с разработкой в последние годы теории принятия решений. Согласно этой теории, решить проблему означает «сделать наилучший выбор из известных курсов действия»¹. Все дело, однако, в том, что в процессе исследования глубоких проблем науки часто остается неизвестным, какой курс действия является оптимальным и какой результат желательным. Вполне понятно поэтому, что методы теории решений могут найти здесь ограниченное применение. Скорее всего, такие методы можно эффективно использовать для решения частных проблем прикладного характера, когда исследователь знает желательный результат и может оценить различные альтернативные курсы действий для его достижения. Относительно же общих проблем науки могут быть сделаны лишь рекомендации ориентирующего характера, в рамках которых ученый располагает широкой свободой действий.

Прежде чем взяться за решение проблемы, необходимо провести предварительное исследование, в процессе которого будет точно сформулирована сама проблема и указаны примерные пути и методы ее решения. Такая разработка проблемы может осуществляться примерно по следующим основным направлениям.

(1) Обсуждение новых фактов и явлений, которые не могут быть объяснены в рамках существующих теорий. Предварительный анализ должен раскрыть характер и объем новой информации. В опытных науках такой анализ связан в первую очередь с обсуждением новых экспериментальных результатов и данных систематических наблюдений. Насколько многочисленны полученные данные? Как сильно противоречат они имеющейся теории? Существует ли принципиальная возможность приспособления и модификации известных теорий к этим данным? История науки показывает, что старые

теории не сразу отвергались, если обнаруживались противоречащие им факты: эти теории старались модифицировать таким образом, чтобы они смогли объяснить и новые факты. И только безуспешность таких попыток, увеличение числа фактов, противоречащих старой теории, вынуждали ученых создавать новые теории.

(2) Предварительный анализ и оценка тех идей и методов решения проблемы, которые могут быть выдвинуты исходя из учета новых фактов и существующих теоретических предпосылок. По сути дела, этот этап разработки проблемы естественно переходит в предварительную стадию выдвижения, обоснования и оценки тех гипотез, с помощью которых пытаются решить возникшую проблему. Однако на этой стадии не выдвигается задача конкретной разработки какой-либо отдельной гипотезы. Скорее всего, речь должна идти о сравнительной оценке различных гипотез, степени их эмпирической и теоретической обоснованности.

(3) Определение типа решения проблемы, цели, которая преследуется решением, связи с другими проблемами, возможности контроля решения. Если проблема допускает решение, то часто возникает необходимость определить, какое решение следует предпочесть в конкретно сложившихся условиях исследования в той или иной отрасли науки. Как правило, исчерпывающее решение проблем в науке лимитируется или объемом и качеством существующей эмпирической информации, или же состоянием и уровнем развития теоретических представлений. Вследствие этого часто приходится ограничиваться либо приближенными решениями, либо решением более узких и частных проблем. Хорошо известно, какие ограничения иногда приходится делать в астрономии, физике, космологии, химии и молекулярной биологии вследствие отсутствия надежно работающего математического аппарата. В результате этого приходится вводить значительные упрощения (например, заменять нелинейные члены уравнения линейными и т. п.) и тем самым отказываться от полного решения проблемы.

Нередко сложный и комплексный характер многих фундаментальных научных проблем (например, возникновение жизни) требует выдвижения и решения первоначально более узких и частных вопросов, а не постановки явно неразрешимой в данных условиях более общей проблемы, хотя ее основные идеи могут направлять, и в

¹ R. L. Ackoff. Scientific Method optimizing applied research decision. New York — London, 1962, p. 31.

какой-то мере содействовать решению частных вопросов. Так, по-видимому, обстоит дело с любым проблемным замыслом: его идеи оказывают влияние на постановку, разработку и окончательное решение проблемы.

Предполагая данную проблему решенной, можно заранее представить, какое влияние она окажет на другие проблемы науки и существующие в ней теоретические представления. Такой анализ проще всего осуществить в математике и математическом естествознании, но это не исключает возможности более или менее удовлетворительного прогноза и в опытных науках, если обсуждаемая проблема при этом имеет фундаментальный характер.

(4) Предварительное описание и интерпретация проблемы. После выяснения необходимых данных, теоретических предпосылок, типа решения и цели проблемы открывается возможность более точного описания, формулировки и истолкования проблемы с помощью разработанных в науке понятий и суждений. На этом этапе должна быть выяснена специфика связи между данными, на которых основывается проблема, и теми теоретическими допущениями и гипотезами, которые выдвигаются для ее решения.

Необходимой предпосылкой такого анализа служит выявление всех тех факторов, которые могут оказаться существенными для решения данной проблемы. Этот этап в разработке проблемы в известной мере подводит некоторый итог всей той предварительной работы, которая была предпринята для того, чтобы ясно сформулировать и четко поставить саму проблему. Естественным его завершением является ответ на вопрос о принципиальной возможности решения проблемы. В формальных науках¹, т. е. прежде всего в математике и формальной логике, нередко удается найти или разработать специальные методы и средства для решения проблем и проверки правильности их решения. Такие методы, которые приводят от некоторых исходных данных к определенным

¹ Термин «формальные науки» нельзя считать безупречным, но все же он достаточно ясно подчеркивает отличие этих наук (математики и формальной логики) от эмпирических, или фактуальных, так как здесь исследуются прежде всего формы реальных явлений (количественные и пространственные в математике и рассуждений — в логике).

результатам, основываются на четко сформулированном правиле осуществления операций и обладают массовым характером, получили название алгоритмов. Общепонятность алгоритма, его результативность и возможность применения для решения целого класса однотипных проблем или задач делает его весьма ценным средством исследования не только чисто математических проблем, но и проблем, допускающих достаточно четкое математическое выражение. По сути дела, все те задачи и проблемы математики, которые могут быть решены по единому правилу или общей схеме, принадлежат к числу алгоритмических.

Интерес к таким проблемам значительно усилился после возникновения современной вычислительной математики и кибернетики, так как именно алгоритмически разрешимые проблемы можно запрограммировать и тем самым решить с помощью электронно-вычислительной машины. Что касается доказательств существования и несуществования алгоритма, то они принадлежат к творческим проблемам, имеющим большое общенаучное и методологическое значение. Огромная масса исследовательских проблем не поддается алгоритмизации и, следовательно, не может быть передана машине, хотя использование таких машин может во многом облегчить трудоемкую задачу обработки многочисленных эмпирических данных.

Когда же говорят о неразрешимости какой-либо проблемы, то под этим подразумевают, что для данной проблемы существует доказательство ее неразрешимости с помощью некоторых точно указанных средств. В истории науки не раз бывало, что проблема, не поддававшаяся решению с помощью известных средств, находила довольно быстрое решение посредством новых, более совершенных средств. Так, знаменитая задача о трисекции угла, которую античные математики не смогли решить с помощью циркуля и линейки, была довольно просто решена с помощью арифметических методов. Многие важные проблемы современной математики, которые нельзя решить с помощью финитных методов, разрешаются посредством трансфинитных методов. Все это говорит о том, что даже в «формальных науках» разрешимость проблемы должна пониматься в относительном смысле, т. е. с учетом достигнутого уровня развития этих наук.

Относительный характер решения проблем еще резче выступает в эмпирических науках. Поскольку возможность решения проблем определяется здесь в значительной мере объемом и характером эмпирических данных, техническими средствами исследования и уровнем развития теории, то никакое решение не может претендовать на абсолютность. Раз навсегда найденное решение научных проблем невозможно не только потому, что эмпирическая основа их является неполной, а технические средства и теоретические представления и предпосылки исторически ограниченными, несовершенными, но и потому, что в самом процессе исследования обнаруживается ряд других проблем, в свете которых по-иному выступает и первоначальная проблема.

Доказательство неразрешимости ряда проблем ни в коей мере не свидетельствует о существовании каких-либо границ и пределов для познания и исследования. Фактически когда утверждают или доказывают, что некоторая проблема неразрешима, то тем самым заявляют, что она неразрешима не вообще, а с помощью существующих методов и средств. Это стимулирует поиски новых методов, средств и идей, применение которых может способствовать решению поставленной проблемы и тем самым расширению достигнутых рубежей исследования, а также развитию науки в целом.

3. Классификация научных проблем

Обилие и разнообразие проблем, возникающих на различных стадиях исследования и в разных по своему конкретному содержанию науках, крайне затрудняет исчерпывающую классификацию таких проблем. Даже такое, на первый взгляд очевидное, деление проблем на научные (теоретические) и прикладные, основывающиеся на конечных целях исследования, вызывает ряд затруднений. Дело в том, что нередко даже чисто теоретическая, абстрактная проблема в конечном итоге может привести к разнообразным практическим приложениям. В свою очередь иногда узкоприкладная проблема дает толчок для постановки и решения проблем широкого теоретического характера.

Не претендуя на исчерпывающую классификацию проблем, мы попытаемся выбрать в качестве основания

деления такие признаки, которые давали бы возможность группировать проблемы по их наиболее существенным объективным и теоретико-познавательным характеристикам. Прежде всего все научные проблемы могут быть разделены на два больших класса в зависимости от того, ставят ли они своей задачей раскрытие новых свойств, отношений и закономерностей объективного мира или же осуществляют анализ путей, средств и способов познания. Большинство наук исследует проблемы, относящиеся к первому классу, т. е. проблемы, связанные с познанием законов объективного мира. Вопросы же, касающиеся средств, методов и путей познания, чаще обсуждаются на ранней стадии становления той или иной науки, а также в переломные периоды ее развития, когда происходит пересмотр ее понятийного аппарата. Как показывают история науки и современная практика, проблемы поиска и обоснования новых средств и методов исследования обычно привлекают внимание ученых тогда, когда та или иная отрасль науки только складывается или когда старые методы оказываются малоэффективными, приводят к значительным трудностям. Само разделение труда в области науки, непрерывный рост числа различных методов и средств исследования приводят к обособлению и выделению таких научных дисциплин, которые ставят в качестве специальной задачи анализ различных методов познания вообще и процесса научного исследования в особенности.

Важно подчеркнуть, что указанное деление научных проблем соответственно характеру исследуемого ими предмета — реальный мир или пути и средства его познания — имеет относительный характер, ибо нельзя понять особенности и границы применения того или иного метода, не учитывая специфики тех объектов, к которым он применяется.

В процессе исследования и решения проблем, относящихся к объективному миру, можно выделить проблемы, разрешение которых требует в первую очередь привлечения эмпирических средств и методов исследования. В науке к таким методам относят систематические наблюдения, эксперимент и измерения. Однако использование эмпирических методов вовсе не исключает, а скорее предполагает применение определенных идей, гипотез и теоретических представлений, поскольку без них невозможно не только обобщение и осмысление эмпири-

ческого материала, но и целенаправленные поиски исходных фактов.

С другой стороны, существует множество проблем науки, для решения которых достаточно привлечения концептуальных, теоретических средств исследования. Это, конечно, не означает игнорирования или недооценки результатов, добытых с помощью эмпирических средств и методов. Однако на теоретической стадии исследования предполагается, что они не только уже известны, но и соответствующим образом обработаны. Такая обработка осуществляется в процессе измерения и количественного анализа тех или иных величин, характеристик и факторов исследуемых процессов.

Теоретическая стадия исследования проблемы начинается с выдвижения и обоснования некоторой гипотезы, которая призвана дать пробное решение проблемы, т. е. более или менее правдоподобное объяснение тех новых фактов и явлений, которые не только не вытекают из старой теории, а наоборот, противоречили ей.

Дальнейший этап теоретического исследования связан с выявлением наиболее существенных сторон и отношений вновь обнаруженных фактов: результатов наблюдений, экспериментов, их теоретических обобщений в рамках эмпирической стадии исследования (так называемые сложные факты). Гипотеза может нащупать правильный ответ на поставленную проблему, но она может оказаться и явно несостоятельной. Убедиться в этом можно лишь после проверки гипотезы. Достаточно надежная и хорошо подтвержденная гипотеза, если она вскрывает существенные, повторяющиеся и необходимые связи между исследуемыми явлениями, может привести к открытию закона. Установление закона требует учета множества различных факторов, эмпирических и теоретических предпосылок, гипотез, идей, догадок. Но ясным является одно: не существует никаких стандартных правил, схем, алгоритмов или индуктивных процедур, с помощью которых можно было бы открывать законы науки. Поэтому единственно возможный для этого путь состоит в выдвижении гипотез и систематической их проверке с помощью наблюдений, опыта, практики.

¹ Подробнее об этом см. гл. 4.

Открытие законов дает возможность научно объяснить интересующие нас явления, события, факты и одновременно с этим позволяет предсказывать новые, неизвестные явления¹.

Наконец, вся совокупность рациональных методов и форм познания находит свое законченное выражение в теории, где все утверждения, посылки, законы, гипотезы выступают не обособленно друг от друга, а в виде системы логически взаимосвязанных и взаимодействующих элементов. Будучи отображением некоторого фрагмента объективного мира, теория дает единое, цельное представление о нем. Построение теории означает переход от изолированного, абстрактного исследования реальной действительности к ее воспроизведению в виде конкретной системы научного, рационального знания.

В ходе научного познания приходится также решать проблемы стратегии и тактики исследования, связанные непосредственно не с изучением реального мира, а с наиболее целесообразным и эффективным осуществлением самого процесса исследования. К их числу относятся такие специфические методологические проблемы, как рациональная организация наблюдений и экспериментов, в частности методов планирования и построения эксперимента, осуществления измерений и способов количественной обработки эмпирических данных. На теоретической стадии исследования особенно важное значение приобретают способы построения и проверки научных гипотез и теорий.

Вторую группу проблем, относящихся к стратегии исследования, составляют проблемы, связанные с оценкой и обоснованием эмпирических данных, технических средств и приемов исследования. На теоретической стадии познания с проблемами оценочного характера приходится встречаться при сравнении различных, конкурирующих между собой гипотез, выборе и обосновании законов и теорий. Конечно, объективное содержание исследуемых проблем не зависит от наших оценок, но для их успешного решения возникает необходимость в оценке существующих эмпирических и теоретических методов познания. Именно такая оценка и предварительное обоснование позволяют выбирать методы, которые могут

¹ См. об этом более подробно гл. 5.

оказаться наиболее эффективными в той или иной ситуации.

Рассмотренная дихотомическая классификация проблем в значительной мере имеет относительный характер. В реальном процессе исследования проблемы, непосредственно относящиеся к изучению объективного мира, теснейшим образом связаны с проблемами оценки и обоснования возможных средств и методов их решения, Поэтому их нельзя отделять, а тем более противопоставлять друг другу.

Глава 3

Методы эмпирического исследования

Эмпирическое познание осуществляется в процессе опыта, понимаемого в самом широком смысле, т. е. как взаимодействие субъекта с объектом, при котором субъект не только пассивно отражает объект, но и активно изменяет, преобразует его.

В марксистской философии понятие опыта по существу сливается с материальной, общественно-исторической практикой человечества, благодаря которой люди преобразуют не только внешний мир, но и самих себя, свои экономические и другие отношения, идеи и учреждения.

В науке основными формами эмпирического исследования являются наблюдение и эксперимент. Кроме того, к ним относят также многочисленные измерительные процедуры, которые хотя и ближе примыкают к теории, все же осуществляются именно в рамках эмпирического познания и особенно эксперимента.

Исходной эмпирической процедурой служит наблюдение, так как оно входит и в эксперимент и в измерения, в то время как сами наблюдения могут производиться вне эксперимента и не предполагать измерений. Поэтому мы начнем обсуждение методов эмпирического исследования с анализа особенностей процесса наблюдения и его функций в науке.

1. Наблюдение

Научное наблюдение представляет целенаправленное и организованное восприятие предметов и явлений окружающего мира. Связь наблюдения с чувственным познанием очевидна: любой процесс восприятия связан с переработкой и синтезом тех впечатлений, которые познающий субъект получает от внешнего мира. Эти впе-

чатления в психологии называют ощущениями. Они являются отображением отдельных свойств, сторон предметов или процессов внешнего мира. Иногда наблюдение может относиться к восприятию переживаний, чувств, психических состояний самого субъекта. Такое наблюдение, получившее название интроспекции, применяется главным образом в науках, исследующих процессы сознания, мышления и поведения человека, да и здесь оно практикуется чаще всего на первоначальных стадиях исследования.

Деятельность сознания в процессе наблюдения не ограничивается только тем, что оно синтезирует в единый чувственный образ результаты различных ощущений. Активная его роль проявляется прежде всего в том, что наблюдатель, особенно в науке, не просто фиксирует факты, а сознательно ищет их, руководствуясь некоторой идеей, гипотезой или прежним опытом. Стронники эмпиризма, чтобы гарантировать чистоту и надежность данных опыта, требуют сбора данных и фактов без какой-либо предварительной гипотезы или руководящей идеи. Нетрудно, однако, понять утопичность такой программы. Даже в обыденном познании наблюдение опирается на прежний опыт и знания людей. В науке же, как правило, наблюдения имеют своей целью проверку той или иной гипотезы или теории и поэтому они существенным образом зависят от этой цели. Ученый не просто регистрирует любые факты, а сознательно отбирает те из них, которые могут либо подтвердить, либо опровергнуть его идеи.

Наблюдения в науке характеризуются также тем, что их результаты требуют определенной интерпретации, которая осуществляется с помощью некоторой теории. Это обстоятельство играет чрезвычайно важную роль в тех случаях, когда непосредственно наблюдается не сам предмет или процесс, а результат его взаимодействия с другими предметами и явлениями. Так, например, о поведении микрочастиц мы можем судить лишь косвенно, наблюдая не сами микроявления, а результаты их взаимодействия с теми или иными макроскопическими приборами и установками. Но такие заключения требуют обращения к определенной теории, с помощью которой и осуществляется интерпретация полученных результатов наблюдения. Интерпретация данных наблюдения как раз и дает возможность ученому отделять суще-

ственные факты от несущественных, замечать то, что неспециалист может оставить без внимания и даже совершенно не обнаружить. Вот почему в науке редко бывает, чтобы открытия делались неспециалистами, хотя бы потому, что случай, как указывал Луи Пастер, может научить чему-то только подготовленный ум.

Все это показывает, что процесс наблюдения в науке имеет ряд таких специфических особенностей, которые отсутствуют в обычных, житейских наблюдениях. Хотя в принципе и обыденное и научное наблюдение представляют восприятие предметов и явлений, но в науке это восприятие гораздо лучше и целесообразней организовано, а самое главное — оно направляется и контролируется определенной идеей, тогда как повседневные наблюдения опираются в основном на практический опыт и те знания, которые приобретаются в ходе этого опыта.

Это различие между научными и повседневными наблюдениями проявляется в самой их структуре. Всякое наблюдение предполагает наличие некоторого наблюдаемого объекта и воспринимающего его субъекта, который осуществляет наблюдения в конкретных условиях места и времени. В научном наблюдении к указанным трем элементам добавляются еще специальные средства наблюдения (микроскопы, телескопы, фото- и телеаппараты и т. п.), назначение которых состоит в том, чтобы компенсировать природную ограниченность органов чувств человека, повысить точность и объективность результатов наблюдения. Наконец, немаловажная роль принадлежит здесь и концептуальным средствам, т. е. понятиям и теориям, с помощью которых организуются и в особенности интерпретируются научные наблюдения.

Использование специальных материальных и концептуальных средств придает результатам научных наблюдений, как и всему процессу наблюдения в целом, такие новые черты и особенности, которые лишь в неразвитой форме присутствуют в обыденных, житейских наблюдениях. По-видимому, наиболее общим признаком, сближающим научные наблюдения с повседневными, является их объективность, хотя степень этой объективности далеко не одинакова.

Для лучшего уяснения специфики научного наблюдения рассмотрим по порядку те особенности, которыми

оно отличается от наблюдения обыденного, начав об- суждение с такого признака, как объективность резуль- татов наблюдения.

*а) Интерсубъективность
и объективность*

В повседневной деятельности и в науке наблюдения должны приводить к результатам, которые не зависят от воли, чувств и желаний субъекта. Чтобы стать осно- вой последующих теоретических и практических дей- ствий, эти наблюдения должны информировать нас об объективных свойствах и отношениях реально существ- вующих предметов и явлений. Однако достижение та- ких результатов часто сопряжено с немалыми трудно- стями.

Прежде всего, наблюдение, основанное на восприя- тии, не есть чисто пассивное отражение мира. Сознание не только отражает мир, но и творит его. В процессе та- кого активного освоения мира возможны ошибки, заблуждения и даже простые иллюзии органов чувств, которые также нельзя игнорировать. Всем хорошо изве- стно, что палка, опущенная в воду, кажется сломанной; параллельно расположенные рельсы вдали кажутся схо- дящимися. Ошибочность подобного рода чувственных иллюзий обнаруживается простым опытом. Гораздо труд- нее обстоит дело с теми ошибками наблюдений, которые происходят вследствие предвзятых склонностей или пред- ставлений, ошибочных исходных установок и других субъективных факторов. Эти трудности возрастают в еще большей степени, когда приходится обращаться к косвенному наблюдению, т. е. делать выводы о свойст- вах или характеристиках непосредственно невосприни- маемых объектов. Таким образом, достижение объектив- ности результатов наблюдения требует исправления и устранения ряда недостатков и ошибок, связанных как с природной ограниченностью органов чувств человека, так и деятельностью сознания вообще.

Первым необходимым, хотя и недостаточным усло- вием получения объективных данных наблюдения яв- ляется требование, чтобы эти данные имели не личный, чисто субъективный характер, а могли быть получены и зафиксированы другими наблюдателями. Иначе говоря, наблюдение должно давать результаты, не зависящие от

индивидуальных особенностей конкретного субъекта,— они обязаны быть интерсубъективными. Если одни и те же данные будут получены многими наблюдателями, то тем самым возрастает их надежность и правильность. С этой точки зрения понятно, что непосредственные дан- ные чувственного опыта отдельного субъекта, так назы- ваемые *sense data*, имеют небольшую ценность в науке именно потому, что индивидуальные ощущения и вос- приятия человека не поддаются контролю и проверке, а следовательно, не могут стать подлинной основой для построения научного знания, которое по своему характе- ру имеет объективный характер. Даже одинаковые ре- зультаты, полученные многими наблюдателями, сами по себе не гарантируют их объективности, ибо ошибки, заблуждения и иллюзии могут быть свойственны разным людям. Вот почему интерсубъективность не тождествен- на объективности. Объективно истинное знание, как из- вестно, не зависит от сознания и воли ни отдельного человека, ни человечества в целом. Окончательным кри- терием такой объективности служат опыт и практи- ка, понимаемые в широком смысле, а именно как ма- териальная, общественно-историческая деятельность людей.

При научном подходе к исследованию интерсубъек- тивность служит важным этапом на пути достижения объективно истинного знания. Но в этом случае сами наблюдения тщательно анализируются и корректируют- ся в свете существующих теоретических представлений. Очень часто в науке для повышения объективности ре- зультатов наблюдения (не говоря уже об их точности) используются приборы и регистрирующие устройства. На первый взгляд может показаться, что замена наблю- дателя приборами начисто исключает если не ошибки, то субъективизм в процессе наблюдения. Однако данные, фиксируемые с помощью приборов, сами по себе еще ни о чем не говорят. Они требуют определенной оценки и интерпретации, которая опять-таки осуществляется че- ловеком.

Поэтому-то единственный путь для достижения объек- тивности и точности наблюдений состоит в усилении контроля за их результатами, что достигается с помощью как материальных средств наблюдения, так и концеп- туальных.

*б) Непосредственные
и косвенные наблюдения*

Наибольшие трудности в достижении объективных результатов наблюдения встречаются тогда, когда непосредственно наблюдается не сам предмет или процесс, а эффект его взаимодействия с другими предметами и явлениями. Такие наблюдения, получившие название косвенных или опосредованных, играют все более важную роль в современной науке. Действительно, объекты и процессы, которые исследуют современная атомная и ядерная физика, квантовая химия и молекулярная биология непосредственно не наблюдаемы ни с помощью органов чувств, ни с помощью приборов. Но они могут стать наблюдаемыми, если исследовать результаты их взаимодействия с другими объектами и процессами. Однако в этом случае мы фактически непосредственно наблюдаем не сами микрообъекты и процессы, а только результаты их воздействия на другие объекты и явления, в частности те, на которых основано действие того или иного прибора или измерительного устройства. Так, в камере Вильсона, предназначенной для исследования свойств заряженных частиц, о свойствах этих частиц мы судим косвенно по таким видимым проявлениям» как образование треков, или следов, состоящих из множества капелек жидкости. Они возникают в результате конденсации перенасыщенного пара, содержащегося в камере, как раз в тех центрах, которыми служат ионы, образующиеся вдоль траектории полета заряженных частиц. По своей форме такие следы очень похожи на туманный след, оставляемый высоко летящим самолетом. Их можно фотографировать и измерять и по этим данным делать соответствующие заключения о свойствах исследуемых частиц. Подобным же образом по изменению зерен на фотопластинках можно изучать потоки космических лучей, α -частиц и других излучений.

Таким образом, во всех этих примерах мы имеем дело не с прямым, непосредственным наблюдением, а с косвенным. Особенность такого наблюдения состоит в том, что об исследуемых явлениях здесь заключают через восприятие результатов взаимодействия ненаблюдаемых объектов с наблюдаемыми. А такое заключение обязательно основывается на некоторой гипотезе или теории, устанавливающих определенное отношение между на-

блюдаемыми и ненаблюдаемыми объектами. Действительно, чтобы судить о свойствах заряженных элементарных частиц по их следам в камере Вильсона или на фотопластинке, необходимо допустить существование закономерной связи между непосредственно ненаблюдаемыми частицами и теми эффектами, которые они вызывают в наблюдаемых объектах и процессах. Подобное допущение, как и всякая гипотеза, нуждается в проверке и подтверждении с помощью точно фиксируемых свидетельств. Такими свидетельствами как раз и служат непосредственно наблюдаемые объекты, явления, а также факты.

Они информируют о том, что эффекты и изменения в наблюдаемых объектах и процессах вызываются некоторыми ненаблюдаемыми объектами. Исследовать свойства и поведение таких ненаблюдаемых объектов можем только путем выдвижения гипотез и последующей их критической проверки. В ряде же случаев приходится строить целые системы гипотез, т. е. по сути дела законченные теории.

Следует особо подчеркнуть, что отношение между наблюдаемыми и ненаблюдаемыми объектами устанавливается вовсе не по произволу или соглашению между исследователями. Правда, вначале ученый формулирует его в виде догадки или гипотезы, но последняя получает научное значение лишь после того, как будет подтверждена соответствующими фактами, т. е. определенным образом интерпретированными результатами непосредственно наблюдаемых объектов.

Как правило, в науке устанавливают не просто связь между наблюдаемыми и ненаблюдаемыми объектами и их свойствами, а определенное функциональное отношение между величинами, которые характеризуют эти свойства. Хорошо известно, например, что о величине атмосферного давления в некоторой точке Земли мы судим по высоте столбика ртути в барометре. Такого рода измерения величин ненаблюдаемых с помощью наблюдаемых основывается, конечно, на гипотезе, устанавливающей конкретную функциональную связь между ними. Так, в случае атмосферного давления предполагают прямую пропорциональную зависимость между величиной Давления и высотой столбика ртути в барометре. Чаще всего зависимость между наблюдаемыми и ненаблюдаемыми процессами носит более сложный характер, но она

непрерывно должна быть точно охарактеризована с помощью той или иной математической функции.

Косвенные наблюдения играют всевозрастающую роль в современной науке, особенно в тех ее отраслях, которые исследуют явления, протекающие в отдаленных уголках Вселенной (астрономия), а также процессы, происходящие на субатомном и субмолекулярном уровне (атомная и ядерная физика, квантовая химия, молекулярная биология и некоторые другие). В последнем случае наблюдения, как правило, тесно переплетаются с экспериментом и обязательно требуют интерпретации с помощью теории.

в) Интерпретация данных наблюдения

Если исходить из буквального значения слова «данные», то может сложиться ложное впечатление, что последние даются наблюдателю в готовом виде. Такое представление в какой-то мере отвечает обыденному пониманию результатов наблюдения, но оно явно не годится для пауки. Как правило, в науке данные есть результат долгого, кропотливого и трудного исследования.

Во-первых, поскольку данные получаются отдельными субъектами, то они должны быть очищены от всевозможных наслоений и субъективных впечатлений. Как уже отмечалось, науку интересуют прежде всего объективные факты, которые допускают контроль и проверку, в то время как непосредственные чувственные восприятия являются только достоянием отдельного субъекта.

Во-вторых, в качестве данных в науку входят не ощущения и восприятия, а лишь результаты их рациональной переработки, которые представляют собой синтез чувственных восприятий с теоретическими представлениями.

В-третьих, сами данные, прежде чем они войдут в науку, подвергаются значительной обработке и стандартизации. Их обработка осуществляется с точки зрения теоретических представлений как соответствующей отрасли науки, так и статистической теории ошибок наблюдения. Стандартизация состоит в приведении данных к некоторым стандартным условиям наблюдения (например, температуры и давления). Наконец, уже на этой

стадии исследования данные определенным образом систематизируются: составляются таблицы, графики, диаграммы и т. п. Конечно, такая систематизация еще далека от теории, но здесь содержится все, что необходимо для предварительных обобщений и построения эмпирических гипотез.

Зависимость данных наблюдения от теории и необходимость их интерпретации в наибольшей степени проявляется тогда, когда они служат в качестве свидетельств «за» или «против» той или иной гипотезы. Обычно свидетельствами считаются только те данные наблюдения, которые имеют непосредственное отношение к гипотезе и опираются на соответствующую теорию. Почему мы считаем туманный след в камере Вильсона свидетельством в пользу того, что он оставлен заряженной частицей? Очевидно, потому, что этот результат наблюдения предсказан теорией ионизации. Точно так же отклонение магнитной стрелки, над которой помещен проводник с током, свидетельствует о том, что по проводнику проходит электрический ток. Этот результат предсказывается теорией электромагнетизма. Подобных примеров можно привести сколько угодно. Все они показывают, что сами по себе данные не могут служить свидетельством «за» или «против» какой-либо гипотезы. Чтобы стать свидетельством, данные должны быть интерпретированы с помощью некоторой теории. Пока нет теории или хотя бы некоторой совокупности знаний политеоретического характера, нет и свидетельств.

В истории науки было немало примеров, когда некоторые факты или данные длительное время оставались случайными открытиями, пока не была создана теория, сумевшая объяснить их и тем самым способствовавшая их введению в обиход науки. Достаточно упомянуть, например, об открытии еще древними греками свойства янтаря, потертого о сукно, притягивать легчайшие тела (электризация трением) или же магнитного железняка притягивать металлические предметы (естественный магнетизм). Все эти факты вплоть до создания теории электромагнитных явлений сначала в форме механической модели с силовыми линиями, а затем математической теории Максвелла оставались любопытными курьезами природы. Будучи же понятыми на основе теории, они стали той исходной базой, которая послужила фундаментом современной техники.

Таким образом, если в самом общем виде сформулировать отличие научного наблюдения от обыденного восприятия непосредственно окружающих человека предметов и явлений, то оно состоит в значительном усилении в науке роли теории, точности и объективности результатов наблюдения, которые достигаются с помощью специально конструируемых для этой цели материальных средств наблюдения, а также концептуального аппарата, служащего для интерпретации данных наблюдения.

*г) Функции наблюдения
в научном исследовании*

Наблюдение и эксперимент являются двумя основными формами эмпирического познания, без которых невозможно было бы получить исходную информацию для дальнейших теоретических построений и проверки последних на опыте.

Существенное отличие наблюдения от эксперимента состоит в том, что оно осуществляется без какого-либо изменения изучаемых предметов и явлений и вмешательства наблюдателя в нормальный процесс их протекания. Эту особенность наблюдения очень ясно отметил известный французский ученый Клод Бернар. «Наблюдение,— писал он,— происходит в естественных условиях, которыми мы не можем распоряжаться»¹. Это, конечно, не означает, что наблюдение — пассивное отражение всего, что попадает в сферу восприятия органов чувств. Как мы уже отмечали, научное наблюдение является целесообразно организованным и избирательным процессом, который направляется и контролируется теорией. Поэтому речь здесь идет об отсутствии не активности субъекта в целом, а активности практической, направленной на воздействие и изменение исследуемого объекта. Чаше всего мы вынуждены ограничиться наблюдениями и исследовать явления в естественных условиях их протекания потому, что они оказываются недоступными для практического воздействия. Так, например, обстоит дело с большинством астрономических явлений, хотя в последнее десятилетие в связи с широким развертыванием космических исследований и здесь

¹ К. Бернар. Лекции по экспериментальной патологии. М.—Л., 1937, стр. 404.

все больше начинает применяться научный эксперимент. И все же наблюдение с помощью все более совершенных инструментов останется и в будущем важнейшим методом исследования звезд, туманностей и других астрономических объектов нашей Вселенной.

При изучении психических процессов и явлений, а также во многих эмпирических социальных исследованиях к наблюдению часто прибегают вполне сознательно, чтобы исключить нежелательные действия со стороны наблюдаемых и тем самым повысить точность и объективность их результатов. В эмпирической социологии хорошо известен метод «включенного наблюдения», при котором исследователь начинает работать в качестве члена какого-либо коллектива или группы, не вызывая к себе настороженного отношения. Такое включение в работу коллектива в некоторых случаях бывает весьма целесообразным, ибо дает возможность исследователю без помех и с большей степенью объективности изучить ту или иную сторону деятельности коллектива, не говоря уже о непосредственном, практическом знакомстве с вопросом.

Наблюдение в научном исследовании призвано осуществлять три основные функции. Первая и важнейшая из них состоит в обеспечении той эмпирической информацией, которая необходима как для постановки новых проблем и выдвижения гипотез, так и для последующей их проверки. Это, конечно, не означает, что до наблюдения или эксперимента ученый не руководствуется никакой идеей, гипотезой или теорией. Напротив, при наблюдениях и поисках новых фактов исследователь обязательно исходит из некоторых теоретических представлений. Но именно новые факты, и в частности те из них, которые не укладываются в прежние теоретические представления или даже противоречат им, требуют своего объяснения. Для решения возникшей проблемы ученый создает гипотезы или целую теорию, с помощью которых объясняет вновь открытые факты. Таким образом, в реальной практике научного исследования взаимоотношение между теорией и опытом значительно сложнее, чем оно кажется, например, сторонникам чистого эмпиризма, пытающимся строить здание науки на непосредственных данных нашего восприятия. В действительности же опыт и теория не только взаимодействуют друг с другом, но и взаимопроникают. Свидетельством справедливости

этого положения материалистической диалектики служит любой реальный процесс научного исследования.

Вторая функция наблюдений состоит в проверке таких гипотез и теорий, которую нельзя осуществить с помощью эксперимента. Разумеется, экспериментальное подтверждение или опровержение гипотез предпочтительней, чем неэкспериментальное. Однако там, где невозможно поставить эксперимент, единственным свидетелем могут служить лишь данные наблюдений. При наблюдениях же, которые сопровождаются точными измерениями, результаты такой проверки могут быть ничуть не худшими, чем экспериментальные, что подтверждается всей историей развития астрономии.

Третья функция наблюдения заключается в том, что в его терминах осуществляется сопоставление результатов, полученных в ходе теоретического исследования, проверяется их адекватность и истинность. При эмпирическом исследовании ученый обращается к теории для того, чтобы целенаправленно вести наблюдения и проводить эксперименты. Однако для дальнейшей разработки теории он вынужден время от времени «сверять» свои понятия, принципы и суждения с данными опыта. Поскольку сопоставление абстрактных положений теории непосредственно с опытом невозможно, то приходится прибегать к различным вспомогательным приемам, среди которых значительную роль играет формулировка эмпирических результатов в терминах наблюдения и «наблюдательного» языка. Об этом подробнее будет сказано в последней главе книги.

2. Эксперимент

Характерная особенность эксперимента как специального метода эмпирического исследования заключается в том, что он обеспечивает возможность активного практического воздействия на изучаемые явления и процессы. Исследователь здесь не ограничивается пассивным наблюдением явлений, а сознательно вмешивается в естественный ход их протекания. Он может осуществить такое вмешательство путем непосредственного воздействия на изучаемый процесс или изменить условия, в которых происходит этот процесс. И в том и другом случае результаты испытания точно фиксируются и контролируются. Таким образом, дополнение простого наблюдения актив

ним воздействием на процесс превращает эксперимент в весьма эффективный метод эмпирического исследования¹. Этой эффективности в немалой степени содействует также тесная связь эксперимента с теорией. Идея эксперимента, план его проведения и интерпретация результатов в гораздо большей степени зависят от теории, чем поиски и интерпретация данных наблюдения.

В настоящее время экспериментальный метод считается отличительной особенностью всех наук, имеющих дело с опытом и конкретными фактами. Действительно, огромный прогресс, достигнутый с помощью этого метода в физике и точных науках в последние два столетия, в значительной мере обязан экспериментальному методу в сочетании с точными измерениями и математической обработкой данных.

В физике такой эксперимент систематически начал применять Галилей, хотя отдельные попытки экспериментального исследования встречаются еще в античности и средние века². Галилеи начал свои исследования с изучения явлений механики, поскольку именно механическое перемещение тел в пространстве представляет наиболее простую форму движения материи. Однако, несмотря на такую простоту и кажущуюся очевидность свойств механического движения, он столкнулся здесь с рядом трудностей как чисто научного, так и ненаучного характера. Последние были связаны в основном с традицией умозрительного подхода к изучению природы, традицией, восходящей еще к античности и наиболее сильно выраженной в средние века. Так, в аристотелевской физике признавалось, что движение сохраняется только тогда, когда к телу прикладывается усилие, импульс. В силу авторитета Аристотеля это положение целиком было воспринято средневековой наукой. Галилей впервые усомнился в нем. Он высказал предположение, что существенно не само по себе движение, а его изменения во времени, т. е.

¹ См. В. Быков. Научный эксперимент и экспериментальные методы. — «Некоторые проблемы методологии научного исследования». М. 1968, стр. 87-108.

² Ряд известных историков науки: П. Дюгем, А. Кромбн, Д. Рэнделл и другие — утверждают, что возникновение экспериментальной науки произошло еще в средние века. Для подтверждения своего тезиса они, ссылаясь на то, что такие эксперименты проводились в XIII и XIV вв. и в Париже и в XVI в. в Падуе, а методология их разрабатывалась в XVI в. в Падуе, в частности в трудах Я. Забареллы.

ускорения. Чтобы проверить свои предположения, он обратился к экспериментальному исследованию ускорения свободно падающих тел. Таким путем ему удалось установить, что падающие тела движутся с постоянным ускорением. Поскольку в тот период существовали серьезные трудности с измерением времени, то Галилей решил замедлить процесс падения. В этих целях он скатывал по наклонному желобу с хорошо отполированными стенками бронзовый шар. Измеряя время прохождения шаром различных отрезков пути, он смог убедиться в правильности своего предположения о постоянстве ускорения свободно падающих тел¹.

С помощью опыта Галилей опроверг также утверждение Аристотеля о том, что скорость падающего тела пропорциональна его весу. Сбросив с высоты в 60 м пушечное ядро массой в 80 кг и мушкетную пулю с массой около 200 г, он убедился, что оба тела достигли поверхности Земли одновременно. Эти довольно простые эксперименты Галилея по сути дела можно считать усложненными наблюдениями, поскольку здесь используются весьма элементарные устройства и приборы. Известно, что в некоторых экспериментах Галилей измерял время путем подсчета ударов пульса или взвешивания воды, вытекавшей из большого резервуара через тонкую трубку².

Переход от простого наблюдения явлений в естественных условиях к эксперименту, так же как и дальнейший прогресс в использовании экспериментального метода, в значительной мере связан с увеличением количества и качества приборов и экспериментальных установок. В настоящее время эти установки, например в физике, принимают подлинно индустриальные размеры. Благодаря этому в огромной степени возрастает эффективность экспериментальных исследований и создаются наилучшие условия для изучения процессов природы в «чистом виде».

Рассмотрим несколько подробнее основные элементы эксперимента и важнейшие их типы, которые используются в современной науке.

¹ См. Г. Липсон. Великие эксперименты в физике. М., 1972, стр. 12.

² См. там же, стр. 17.

« . . . »

а) Структура и основные виды эксперимента

Любой эксперимент, как уже отмечалось, представляет такой метод эмпирического исследования, при котором ученый воздействует на изучаемый объект с помощью специальных материальных средств (экспериментальных установок и приборов) с целью получения необходимой информации о свойствах и особенностях этих объектов или явлений. Поэтому общая структура эксперимента будет отличаться от наблюдения тем, что в нее кроме объекта исследования и самого исследователя обязательно входят определенные материальные средства воздействия на изучаемый объект. Хотя некоторые из таких средств, например приборы и измерительная техника, используются и при наблюдении, но их назначение совсем иное. Такие приборы способствуют повышению точности результатов наблюдений, но они, как правило, не служат для непосредственного воздействия на изучаемый объект или процесс.

Значительная часть экспериментальной техники служит либо для прямого воздействия на исследуемый объект, либо для преднамеренного изменения условий, в которых он должен функционировать. В любом случае речь идет об изменении и преобразовании предметов и процессов окружающего мира для лучшего их познания. В этом смысле экспериментальные установки и приборы в некотором отношении аналогичны орудиям труда в процессе производства¹. Так же как рабочий с помощью орудий труда воздействует на предметы труда, стремясь придать им необходимую форму, экспериментатор с помощью аппаратов, установок и приборов воздействует на исследуемый объект, чтобы лучше выявить его свойства и характеристики. Даже метод или, лучше сказать, подход к делу у них имеет много общего. И рабочий и экспериментатор, осуществляя те или иные действия, наблюдают и контролируют их результаты. Соответственно этим результатам они вносят поправки в первоначальные допущения и планы. Но как бы ни важна была эта аналогия, мы не должны забывать, что в процессе труда ставятся и решаются прежде всего практические задачи,

¹ См. об этом: В. Л. Штофф. Введение в методологию научного познания, стр. 63–64, стр. 67.

в то время как эксперимент представляет метод решения познавательных проблем.

В зависимости от целей, предмета исследования, характера используемой экспериментальной техники и других факторов можно построить весьма разветвленную классификацию различных видов экспериментов. Не ставя перед собой задачи дать исчерпывающую характеристику всех типов экспериментов, мы ограничимся рассмотрением наиболее существенных с методологической точки зрения экспериментов, применяемых в современной науке.

По своей основной цели все эксперименты можно разделить на две группы. К первой, самой большой группе следует отнести эксперименты, с помощью которых осуществляется эмпирическая проверка той или иной гипотезы или теории. Так, например, два эксперимента Галилея по изучению законов падения тел, о которых мы говорили, относятся как раз к такому типу. Меньшую группу составляют так называемые поисковые эксперименты, основное назначение которых состоит не в том, чтобы проверить, верна или нет какая-то гипотеза, а в том, чтобы собрать необходимую эмпирическую информацию для построения или уточнения некоторой догадки или предположения.

По характеру исследуемого объекта можно различать физические, химические, биологические, психологические и социальные эксперименты. В том случае, когда объектом изучения служит непосредственно реально существующий предмет или процесс, эксперимент можно назвать прямым. Если вместо самого предмета используется (некоторая его модель, то эксперимент будет называться модельным. В качестве таких моделей чаще всего используются образцы, макеты, копии оригинального сооружения или устройства, выполненные с соблюдением установленных правил. В модельном эксперименте все операции осуществляются не с самими реальными предметами, а с их моделями. Результаты, полученные при исследовании этих моделей, в дальнейшем экстраполируются на сами предметы. Конечно, такой эксперимент менее эффективен, чем прямой, но в ряде случаев прямой эксперимент нельзя осуществить вообще либо по моральным соображениям, либо в силу чрезвычайной его дороговизны. Вот почему новые модели самолетов, турбин, гидростанций, плотин и тому подобных объектов сначала испытывают на экспериментальных образцах. Точно так же новые образ-

цы лекарств сначала проверяют на подопытных животных, а потом уже постепенно назначают людям.

В последние годы все более широкое распространение получают так называемые концептуальные модели, которые в логико-математической форме выражают некоторые существенные зависимости реально существующих систем. Используя электронно-вычислительные машины, можно осуществлять весьма успешные эксперименты с такими моделями и получать довольно надежные сведения о поведении реальных систем, которые не допускают ни прямого экспериментирования, ни экспериментирования с помощью материальных моделей.

По методу и результатам исследования все эксперименты можно разделить на качественные и количественные. Как правило, качественные эксперименты предпринимаются для того, чтобы выявить действие тех или иных факторов на исследуемый процесс без установления точной количественной зависимости между ними. Такие эксперименты скорее носят исследовательский, поисковый характер: в лучшем случае с их помощью достигается предварительная проверка и оценка той или иной гипотезы или теории, чем их подтверждение или опровержение.

Количественный эксперимент строится с таким расчетом, чтобы обеспечить точное измерение всех существенных факторов, влияющих на поведение изучаемого объекта или ход процесса. Проведение такого эксперимента требует использования значительного количества регистрирующей и измерительной аппаратуры, а результаты измерений нуждаются в более или менее сложной математической обработке.

В реальной исследовательской практике качественные и количественные эксперименты представляют обычно последовательные этапы в познании явлений. Они характеризуют степень проникновения в сущность этих явлений и поэтому не могут противопоставляться друг другу. Как только будет раскрыта качественная зависимость изучаемых свойств, параметров и характеристик явления от тех или иных факторов, так сразу же возникает задача по определению количественных зависимостей между ними с помощью той или иной математической функции или уравнения. В конечном итоге количественный эксперимент содействует лучшему раскрытию качественной природы вновь исследуемых явлений. Примером этого могут служить некоторые эксперименты, с помощью кото-

рых удалось нащупать и подтвердить важнейшие законы электромагнетизма. Впервые связь между электричеством и магнетизмом выявил Эрстед (1820 г.). Поместив компас вблизи проводника с током, он обнаружил отклонение стрелки компаса. Этот чисто качественный эксперимент в дальнейшем послужил эмпирическим исходным пунктом развития всего учения об электромагнетизме. Вскоре после этого Ампер осуществил эксперимент, в котором количественно подтвердил идею о существовании поля вокруг проводника с током. В 1821 г. Фарадей построил по существу первую экспериментальную модель электромотора¹.

Наконец, по самому методу осуществления в современной науке часто различают статистические и нестатистические эксперименты. В принципе статистические методы используются при оценке результатов любых экспериментов и даже наблюдений, чтобы повысить их точность и надежность. Различие между статистическими и нестатистическими экспериментами сводится не к использованию статистики вообще, а к способу выражения величин, с которыми имеют дело в эксперименте. Если в нестатистических экспериментах сами исследуемые величины заданы индивидуальным образом, то статистика здесь используется только для оценки результатов исследования. Во многих же экспериментах в биологии, агрономии, технологии первоначальные величины заданы статистически, и поэтому построение таких экспериментов с самого начала предполагает использование методов статистики и теории вероятностей.

б) Планирование и построение эксперимента

В процессе научного наблюдения исследователь руководствуется некоторыми гипотезами и теоретическими представлениями о тех или иных фактах. В гораздо большей степени эта зависимость от теории проявляется в эксперименте. Прежде чем поставить эксперимент, надо не только располагать его общей идеей, но и тщательно продумать его план, а также возможные результаты.

Выбор того или иного типа эксперимента, так же как

¹ См. Г. Липсон. Великие эксперименты в физике, стр. 122—123,

и конкретный план его осуществления, в существенной степени зависит от той научной проблемы, которую ученый намеревается разрешить с помощью опыта. Одно дело, когда эксперимент предназначен для предварительной оценки и проверки гипотезы, и совсем другое, когда речь идет о количественной проверке той же самой гипотезы. В первом случае ограничиваются общей, качественной констатацией зависимостей между существенными факторами или свойствами исследуемого процесса, во втором — стремятся количественно выразить эти зависимости, когда осуществление эксперимента требует не только привлечения значительно большего количества регистрирующих и измерительных приборов и средств, но гораздо большей аккуратности и точности в контроле над изучаемыми характеристиками и свойствами. Все это неизбежно должно сказаться на общем плане построения эксперимента.

В еще большей мере планирование эксперимента связано с характером величин, которые приходится оценивать в ходе опыта. В этом отношении гораздо более сложными являются эксперименты, в которых изучаемые величины заданы статистическим образом. К чисто экспериментальным трудностям здесь присоединяются трудности математического характера. Не случайно поэтому в последние годы в математической статистике возникло самостоятельное направление планирования эксперимента, которое ставит своей задачей выяснение закономерностей построения статистических экспериментов, т. е. экспериментов, в которых не только окончательные результаты, но и сам процесс требуют привлечения статистических методов¹.

Поскольку каждый эксперимент призван решать определенную теоретическую проблему: будь то предварительная оценка гипотезы или ее окончательная проверка, — постольку при его планировании следует учитывать не только наличие той или иной экспериментальной техники, но и уровень развития соответствующей отрасли знания, что особенно важно при выявлении тех факторов, которые считаются существенными для эксперимента.

¹ Одной из лучших работ в этой области является книга известного английского статистика Р. А. Фишера «Конструкция эксперимента» (R. A. Fisher. The decision of experiments. London, 1951). Основные идеи теории планирования эксперимента изложены в книге В. В. Налимова «Планирование эксперимента». М., 1972.

Все это говорит о том, что план проведения каждого конкретного эксперимента обладает своими специфическими чертами и особенностями. Не существует единого шаблона или схемы, с помощью которых можно было бы строить эксперимент для решения любой проблемы в любой отрасли экспериментальных наук. Самое большее, что можно здесь выявить,— это наметить общую стратегию и дать некоторые общие рекомендации по построению и планированию эксперимента.

Всякий эксперимент начинается с проблемы, которая требует экспериментального разрешения. Чаще всего с помощью эксперимента осуществляется эмпирическая проверка какой-либо гипотезы или теории. Иногда он используется для получения недостающей информации, чтобы уточнить или построить новую гипотезу.

Как только научная проблема точно сформулирована, возникает необходимость выделить факторы, которые оказывают существенное влияние на эксперимент, и факторы, которые можно не принимать во внимание. Так, Галилей в своих экспериментах по изучению законов свободного падения тел не учитывал влияние сопротивления воздуха, неоднородность поля тяжести, не говоря уже о таких факторах, как цвет, температура тел, ибо все они не оказывают какого-либо существенного влияния па падение тел вблизи земной поверхности, где сопротивление воздуха незначительно, а поле тяжести с достаточной степенью приближения можно считать однородным. Эти факты в настоящее время кажутся чуть ли не очевидными, но во времена Галилея не существовало теории, которая позволяла бы объяснить их.

Если имеется достаточно разработанная теория исследуемых явлений, то выделение существенных факторов достигается сравнительно легко. Когда же исследование только начинается, а область изучаемых явлений совершенно новая, тогда выделить факторы, существенным образом влияющие на процесс, оказывается весьма трудно. В принципе любой фактор может оказаться важным, поэтому заранее нельзя исключить ни один из них без предварительного обсуждения и проверки. Поскольку такая проверка неизбежно связана с обращением к опыту, возникает трудная проблема отбора именно таких факторов, которые являются существенными для изучаемого процесса. Обычно невозможно фактически проверить все предположения о существенных факторах. Поэ-

тому ученый больше полагается на свой опыт и здравый смысл, но они не гарантируют его от ошибок. Известно, что Роберт Бойль, открывший закон об обратной пропорциональной зависимости между давлением и объемом газа, не считал температуру фактором, существенно влияющим на состояние газа. Впоследствии Жак Шарль и Гей Люссак установили, что объем газа увеличивается прямо пропорционально его температуре. Кроме того, следует помнить, что фактор, который является несущественным в одном эксперименте, может стать существенным в другом. Если Галилей в своих опытах мог пренебречь сопротивлением воздуха, поскольку имел дело с медленно движущимися телами, то этого нельзя сделать в экспериментах по исследованию быстро движущихся тел, например снаряда или самолета, в особенности если он летит со сверхзвуковой скоростью. Следовательно, само понятие существенного фактора является относительным, ибо оно зависит от задач и условий эксперимента, а также от уровня развития научного знания.

Следующим этапом в осуществлении эксперимента является изменение одних факторов при сохранении других относительно неизменными и постоянными. Пожалуй, в этом наиболее ярко проявляется отличие эксперимента от наблюдения, так как именно возможность создания некоторой искусственной среды позволяет исследователю наблюдать явления «при условиях, обеспечивающих ход процесса в чистом виде»¹. Допустим, известно, что изучаемое явление зависит от некоторого числа существенных свойств или факторов. Чтобы установить роль каждого из них, а также их взаимосвязь друг с другом, надо выбрать сначала два каких-либо свойства. Сохраняя все другие существенные свойства или факторы постоянными, заставляем одно из выбранных свойств изменяться и наблюдаем, как ведет себя другое свойство или фактор. Таким же способом проверяется зависимость между другими свойствами. В результате экспериментально устанавливается зависимость, которая характеризует отношение между исследуемыми свойствами явления. После обработки данных эксперимента эта зависимость может быть представлена в виде некоторой математической формулы или уравнения.

¹ К., Маркс и Ф. Энгельс. Соч, Т- 23, стр. 6.

В качестве наглядной иллюстрации рассмотрим, как эмпирически были открыты законы, описывающие состояние идеального газа. Первый газовый закон был открыт Бойлем в 1660 г. Он полагал, что температура не оказывает какого-либо существенного влияния на состояние газа. Поэтому в его эксперименте этот фактор не фигурировал. Поддерживая температуру постоянной, можно убедиться в справедливости закона, установленного Бойлем: объем данной массы газа обратно пропорционален давлению. Поддерживая постоянным давление, можно поставить эксперимент, чтобы выяснить, как влияет повышение температуры газа на его объем. Впервые такие измерения были осуществлены французским физиком Ж. Шарлем, однако полученные им результаты не были опубликованы. Полтора века спустя английский химик Джон Дальтон провел эксперименты с различными газами и убедился, что при постоянном давлении они расширяются при нагревании (хотя полагал, что их способность расширяться должна уменьшаться с повышением температуры). Значение экспериментов Дальтона состоит не столько в точности выводов, сколько в доказательстве того, что с повышением температуры состав газа не влияет на его расширение.

Гей Люссак, восстановивший приоритет Шарля, много сделал для установления точной количественной зависимости между температурой и объемом газа. Он нашел, что для так называемых постоянных газов увеличение объема каждого из них в пределах от температуры таяния льда до температуры кипения воды равно $\frac{1}{26666}$ первоначального объема¹. После того как были найдены, и экспериментально проверены частные эмпирические законы, выражающие связь между давлением и объемом, объемом и температурой газа, можно было сформулировать более общий закон, характеризующий состояние любого идеального газа. Этот закон гласит, что произведение давления на объем газа равно произведению температуры на некоторую величину R , которая зависит от количества, взятого газа: $PV=RT$

где P обозначает давление, V — объем, T — температуру газа.

¹ См. Г. Липсон. Великие эксперименты в физике, стр. 51.

Подобное обобщение эмпирических законов не дает возможности открывать более сложные и глубокие теоретические законы, с помощью которых могут быть объяснены эмпирические законы. Однако описанный метод экспериментального установления зависимостей между существенными факторами исследуемого процесса служит важнейшей предварительной ступенью в познании новых явлений.

Если в планировании эксперимента предусматривается только выявление существенных факторов, влияющих на процесс, то такого рода эксперименты часто называют факторными. В большинстве случаев, в особенности в точном естествознании, стремятся не только выявить существенные факторы, но и установить формы количественной зависимости между ними: последовательно определяют, как с изменением одного фактора или величины соответственно изменяется другой фактор. Иными словами, в основе указанных экспериментов лежит идея о функциональной зависимости между некоторыми существенными факторами исследуемых явлений. Такие эксперименты получили название функциональных.

Однако какой бы эксперимент ни планировался, его проведение требует точного учета тех изменений, которые экспериментатор вносит в изучаемый процесс. Это требует тщательного контроля как объекта исследования, так и средств наблюдения и измерения.

в) Контроль эксперимента

Большая часть экспериментальной техники служит для контроля тех факторов, характеристик или свойств, которые по тем или иным причинам считаются существенными для исследуемого процесса. Без такого контроля нельзя было бы достичь цели эксперимента. Техника, которая используется в эксперименте, должна быть не только практически проверена, но и теоретически обоснована. Однако прежде чем говорить о теоретическом обосновании, надо убедиться в практической осуществимости эксперимента. Даже в том случае, когда Опытная установка успешно функционирует, ее работа, и в особенности результаты, может зависеть от самых разных причин. Поэтому прежде чем приступить к эксперименту, исследователь стремится объяснить функционирование будущей экспериментальной установки с помощью уже известной

И хорошо подтвержденной теории. Если эксперимент должен служить критерием истинности научного знания, то вполне естественно, что он должен опираться только на хорошо проверенное и надежное знание, истинность которого установлена вне рамок данного эксперимента.

Точно так же обстоит дело с новой экспериментальной техникой. Кроме теоретического обоснования ее надежность следует проверять с помощью других методов. Например, техника использования так называемых меченых атомов в биологии и радиоактивных изотопов в различных отраслях науки и техники в существенной степени опирается на сопоставление результатов, полученных с помощью указанной техники, с данными, полученными другим способом. Известно, что результаты определения времени существования тех или иных органических отложений в Земле, возраста горных пород с помощью техники радиоизотопов (в частности, изотопа углерода C^{14}) контролировались уже проверенными методами (астрономическими, биологическими, хрониками и т. д.).

Однако как бы ни была важна проверка технической стороны опыта, она не исчерпывает существа контроля при планировании и проведении эксперимента. Чтобы точно определить изменения, которые происходят в процессе эксперимента, очень часто наряду с экспериментальной группой используют еще так называемую контрольную группу. Там, где не происходит заметных индивидуальных изменений, в качестве контрольной группы или системы может служить сам исследуемый объект. Например, для определения изменения механических свойств металла от воздействия токов высокой частоты достаточно исчерпывающим образом описать эти свойства до и после эксперимента. Первоначальные свойства металла можно при этом рассматривать как свойства контрольной системы, с помощью которых можно судить о результатах воздействия на металл в процессе эксперимента.

При исследовании биологических и социальных явлений чаще всего в качестве контрольной системы выбирается отдельная совокупность или система индивидуумов. Все воздействия и изменения совершаются над экспериментальной группой, а о результатах этих воздействий судят, сравнивая с контрольной группой. Так, чтобы проверить эффективность нового лекарства, точно выяснить все положительные и отрицательные факторы, вызванные им, необходимо всех подопытных жи-

вотных разделить на две группы: экспериментальную и контрольную. То же самое делают при экспериментальной проверке прививок против инфекционных заболеваний.

Во всех случаях, когда по условиям исследования требуется образовать экспериментальную и контрольную группы, необходимо добиваться того, чтобы они были как можно более однородными. В противном случае результаты эксперимента могут оказаться не вполне надежными и даже весьма сомнительными. Самый простой способ достижения такой однородности состоит в попарном сравнении индивидуумов экспериментальной и контрольной групп. Для больших групп такой способ оказывается мало пригодным. Поэтому в настоящее время чаще всего прибегают к статистическим методам контроля, при использовании которых учитываются общие, статистические характеристики сравниваемых групп, не индивидуальные их особенности.

В качестве статистических критериев контроля нередко выбирают контроль распределений. Распределения характеризуют, как часто или с какой вероятностью та или иная случайная величина принимает какое-либо из возможных ее значений. Путем сравнения функций распределения можно достичь большей или меньшей степени однородности экспериментальной и контрольной групп. Однако как при индивидуальной, так и статистической оценке этих групп всегда сохраняется возможность предвзятого выбора индивидуумов. Чтобы исключить такую возможность, при планировании эксперимента прибегают к методу рандомизации, цель которого — обеспечить равновероятность выбора любого индивидуума из имеющейся совокупности. Техника такого выбора может быть самой различной, но она должна способствовать достижению главной цели — построению однородных групп (экспериментальной и контрольной) из совокупности, подлежащей исследованию.

г) Интерпретация результатов эксперимента

Зависимость эксперимента от теории сказывается не только при планировании, но в еще большей степени при истолковании его результатов.

Во-первых, результаты любого эксперимента нуждаются в статистическом анализе, чтобы исключить возможные систематические ошибки. Такой анализ становится особенно необходимым при осуществлении экспериментов, в которых исследуемые факторы или величины заданы не индивидуально, а статистическим образом. По даже при индивидуальном задании, как правило, производят множество различных измерений, чтобы исключить возможные ошибки. В принципе статистическая обработка результатов эксперимента, в котором исследуемые величины заданы индивидуально, ничем не отличается от обработки данных наблюдения. Гораздо большие трудности возникают при анализе статистических экспериментов.

Прежде всего, здесь приходится устанавливать и оценивать различие между экспериментальной и контрольной группами. Иногда разница между ними может быть вызвана случайными, неконтролируемыми факторами. Поэтому возникает задача определения и статистической проверки разницы между экспериментальной и контрольной группами. Если эта разница превышает некоторый минимум, то это служит показателем того, что между величинами, изучаемыми в данном эксперименте, существует некоторая реальная связь. Нахождение конкретной формы этой взаимосвязи представляет цель дальнейшего исследования.

Во-вторых, результаты эксперимента, подвергшиеся статистической обработке, могут быть по-настоящему поняты и оценены только в рамках теоретических представлений соответствующей отрасли научного знания. При всей тонкости и сложности современных статистических методов с их помощью в лучшем случае может быть нащупана или угадана некоторая гипотеза о реальной взаимосвязи исследуемых факторов или величин. С помощью методов корреляционного анализа можно, например, оценить степень зависимости или соотношения одной величины от другой, но такой анализ не может раскрыть конкретную форму или тип функциональной связи между ними, т. е. закон, управляющий этими явлениями. Вот почему истолкование результатов экспериментального исследования приобретает такое важное значение для понимания и объяснения этих результатов.

При интерпретации данных эксперимента исследователь может встретиться с двумя альтернативами.

Во-первых, он может объяснить эти результаты в терминах уже известных теорий или гипотез. В этом случае его задача сводится к проверке или перепроверке наличного знания. Поскольку такая проверка состоит в сопоставлении утверждений, выражающих данные эксперимента, с выводами теории, то возникает необходимость в получении таких логических следствий из теории, которые допускают эмпирическую проверку. Это неизбежно связано с интерпретацией по крайней мере некоторых понятий и утверждений теории.

Во-вторых, в ряде случаев ученый не располагает готовой теорией или даже более или менее обоснованной гипотезой, с помощью которых он смог бы объяснить данные своего эксперимента. Иногда такого рода эксперименты даже противоречат тем теоретическим представлениям, которые господствуют в тон или иной отрасли науки. Об этом свидетельствуют многочисленные экспериментальные результаты, полученные в физике в конце XIX—начале XX в., которые упрямо не укладывались в рамки старых, классических представлений. В 1900 г. Макс Планк, убедившись в невозможности классическими методами объяснить экспериментальные данные, относящиеся к свойствам теплового излучения, предложил свою интерпретацию в терминах конечных квантов энергии. Эта интерпретация помогла впоследствии объяснить особенности фотоэлектрического эффекта, эксперименты Франка и Герца, эффекты Комптона и Штерна—Герлаха и многие другие опыты. «Долгий двадцатипятилетний период накануне появления квантовой механики,— отмечает М. Борн,— характеризуется накоплением все новых эмпирических данных в пользу реальности этого кванта и обнаружением полной неприспособленности классических понятия для оперирования с ним»¹.

Конечно, не всякая новая интерпретация экспериментальных данных приводит к революционным изменениям в науке, как это случилось с гипотезой Планка. Однако любая интерпретация предъявляет серьезные требования к существующим теориям, начиная от пересмотра и модификации некоторых их элементов и кончая радикальным пересмотром исходных принципов и постулатов.

¹ М. Борн. физика в жизни моего поколения. М., 1963, стр. 147.

*д) Функции эксперимента
в научном исследовании*

Преимущество эксперимента над наблюдением состоит прежде всего в том, что он дает возможность активно и целенаправленно исследовать интересующие науку явления. Ученый может по своему желанию изучать эти явления в самых различных условиях их протекания, усложнять или упрощать ситуации, строго контролируя при этом ход и результаты процесса. Часто эксперимент уподобляют вопросу, обращенному к природе. Хотя такой метафорический способ выражения и не свободен от недостатков, тем не менее он очень удачно схватывает основную цель эксперимента — давать ответы на наши вопросы, проверять идеи, гипотезы и теории относительно свойств и закономерностей протекания тех или иных процессов в природе. В обычных условиях эти процессы крайне сложны и запутаны, не поддаются точному контролю и управлению. Поэтому и возникает задача организации такого их исследования, при котором можно было бы проследить, по выражению Маркса, ход процесса «в чистом» виде.

В этих целях в эксперименте отделяют существенные факторы от несущественных и тем самым значительно упрощают ситуацию. Хотя такое упрощение и отдаляет нас от действительности, но в конечном итоге оно способствует более глубокому пониманию явлений и возможности контроля немногих существенных для данного процесса факторов или величин. В этом отношении эксперимент гораздо ближе стоит к теоретической модели, чем наблюдение. При экспериментировании исследователь сосредоточивает внимание на изучении лишь наиболее важных сторон и особенностей процессов, стараясь свести к минимуму возмущающее действие второстепенных факторов. Отсюда напрашивается естественная аналогия между экспериментом и абстрагированием.

Подобно тому как при абстрагировании мы отвлекаемся от всех несущественных моментов, свойств и особенностей явлений, яри экспериментировании стремятся выделить и изучить те свойства и факторы, которые детерминируют данный процесс. И в том и другом случае исследователь ставит задачу — изучить ход процесса «в чистом виде», и поэтому не принимает в расчет множество дополнительных факторов и обстоятельств.

Но, пожалуй, больше чем в другой аналогии, здесь приходится считаться с важными различиями принципиального характера. Во-первых, всякое абстрагирование представляет способ мысленного выделения существенных свойств и особенностей исследуемого, явления, в то время как при экспериментировании с помощью специальных средств и приборов создают искусственную среду, которая даст возможность анализировать явления в условиях, более или менее свободных от возмущающего влияния второстепенных факторов. Конечно, в сравнении с возможностями мысленного отвлечения возможности фактической изоляции явлений в условиях эксперимента представляются более скромными. Во-вторых, в реальной практике научного исследования абстрагирование всегда предшествует эксперименту. Прежде чем поставить эксперимент, ученый должен исходить из некоторой гипотезы или просто догадки о том, какие свойства или факторы в изучаемом явлении считать существенными, а какие можно не принимать во внимание. Все это показывает, что абстрагирование и эксперимент относятся к качественно различным методам исследования и решают свои, специфические задачи.

К числу важнейших проблем, которые требуют привлечения экспериментального метода, относится прежде всего опытная проверка гипотез и теорий. Это самая известная и наиболее существенная функция эксперимента в научном исследовании, которая служит показателем зрелости самого метода. Ни в античности, ни в средние века не было эксперимента в точном смысле этого слова, так как там целью опытов скорее был сбор данных, чем проверка идей.

Галилей, решительно порвавший с натурфилософскими и схоластическими традициями прежней физики, впервые систематически стал проверять свои гипотезы с помощью эксперимента. Огромные успехи в развитии механики в Новое время были связаны с тем, что разработка новых ее гипотез и теорий шла рука об руку с их экспериментальной проверкой. Постепенно такой метод проверки новых гипотез и теорий проник во все отрасли естествознания, а в наше время успешно используется и в ряде социальных наук.

Не менее ценную роль эксперимент играет при формировании новых гипотез и теоретических представлений. Эвристическая функция эксперимента при создании

гипотез состоит в том, чтобы использовать опыт для уточнения и исправления первоначальных допущений и догадок. В то время как при проверке исследователь располагает готовой гипотезой и стремится с помощью эксперимента либо подтвердить, либо опровергнуть ее, при выдвигании и обосновании новых гипотез ему часто не хватает дополнительной эмпирической информации. Поэтому он вынужден обращаться к эксперименту, в том числе к модельному и мысленному, чтобы откорректировать свои первоначальные допущения. Обычно поисковый и проверочный эксперименты осуществляются одновременно. В ходе исследования ученый не только уточняет свою первоначальную догадку и доводит ее до уровня научной гипотезы, но одновременно проверяет эту гипотезу сначала по частям, а затем и целиком.

Какой бы эксперимент, однако, ни осуществлялся, он всегда служит лишь определенным звеном в общей цепи научного исследования. Поэтому его нельзя рассматривать как самоцель и тем более противопоставлять теории. Если эксперимент ставит вопрос природе, то такой вопрос может возникнуть лишь в сфере идей и при достаточно высоком уровне развития теоретического знания. Как уже отмечалось, сам план проведения эксперимента, интерпретация его результатов требуют обращения к теории. Без теории и ее руководящих идей невозможно никакое научное экспериментирование.

На первый взгляд может показаться, что такое подчеркивание значения теории для эксперимента и эмпирического познания вообще противоречит известному марксистскому тезису о последовательности этапов процесса познания. В действительности тезис о движении познания от живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике (В. И. Ленин) дает общую историческую картину процесса, выясняет генетическую связь между эмпирической и рациональной ступенями познания. В реальной практике научного исследования эти ступени выступают во взаимодействии и единстве. Бесспорно, что теоретические представления всегда основываются на каких-то эмпирических данных или фактах. В конечном счете все знание опирается на опыт, эксперимент, практику. Однако само эмпирическое познание, особенно в науке, отталкивается от существующих теоретических представлений. Такое взаимодействие между теорией и эмпирией с особой наглядностью проявляется

на примере эксперимента. Вот почему в научном исследовании меньше всего можно говорить о независимости различных методов и ступеней познания, а тем более об их противопоставлении друг другу. Наоборот, только учет их диалектической взаимосвязи и взаимодействия дает возможность правильно понять не только весь процесс исследования в целом, но и отдельные его этапы и методы.

За четыре века существования экспериментальный метод продемонстрировал свою высокую эффективность как важнейший способ эмпирического исследования. Эта эффективность возрастала по мере усложнения экспериментальной техники и степени зрелости теоретической мысли. От простейших опытов, представляющих по сути дела усложненные наблюдения, до создания промышленных установок для ускорения заряженных частиц, получения высоких и сверхвысоких температур и давлений, мощных радиотелескопов и космических лабораторий — вот тот гигантский скачок, который характеризует развитие экспериментальной техники. Индустриальный характер современного физического эксперимента и сложность его техники делают необходимым создание больших коллективов исследователей. «Важным достоинством коллективных методов научной работы, — подчеркивает Г. Б. Жданов, — является то, что они помогают преодолеть односторонность и субъективизм как в оценке перспективности тех или иных направлений, так и в интерпретации полученных результатов»¹.

Возникает вопрос: если экспериментальный метод является столь эффективным методом эмпирического исследования, то почему он не применяется во всех науках? Главным условием успешного применения экспериментального метода в той или иной науке является принципиальная возможность активной, преобразующей деятельности исследователя с изучаемым объектом. Действительно, наибольший успех, достигнутый с помощью этого метода, относится главным образом к физике и химии, где легче всего можно вмешиваться в ход исследуемых процессов.

¹ Г. Б. Жданов. Эксперимент и теория в современном естествознании (физические науки). — «Материалистическая диалектика и методы естественных наук». М., 1968, стр. 117.

В последние годы в связи с проникновением физико-химических методов в биологию эксперимент все больше и больше входит в практику биологического исследования. В социальных науках эксперименты проводятся в основном над малыми группами людей, и кроме того» здесь значительно больше опасности внести искажения в ход исследуемых явлений в силу их чрезвычайной сложности. В некоторых науках ученые объективно не могут воздействовать на изучаемые процессы. Так, в астрономии, несмотря на большой успех космических исследований, они часто вынуждены ограничиваться наблюдениями за небесными телами. То же самое следует сказать о геологии и некоторых других науках. Такие науки хотя и используют эмпирические методы (например, наблюдения и измерения), но не относятся к наукам экспериментальным¹.

В наиболее развитых экспериментальных науках и наблюдения и опыты сопровождаются тщательными измерениями исследуемых величин. Хотя техника измерений и их специальная методика может быть весьма различной, все же существуют некоторые общие принципы, правила и приемы измерений, которыми руководствуется любой ученый в процессе исследования.

3. Измерения

Под измерением обычно понимают процесс нахождения отношения данной величины к другой однородной величине, принятой за единицу измерения². Результат измерения выражается некоторым числом, и благодаря этому становится возможным подвергнуть эти результаты математической обработке. Однако в отдельных случаях измерением называют всякий способ приписывания чисел изучаемым объектам и их свойствам в соответствии с некоторыми правилами. С таким взглядом чаще всего приходится встречаться в тех науках, где большей

¹ Термином «экспериментальная наука» мы обозначаем те отрасли научного знания, которые опираются на эксперимент как важнейшее средство исследования. Это, разумеется, не исключает возможности использования в них не только теоретических (рациональных) методов познания, но и других, эмпирических способов познания, например наблюдения.

² См. *М. Э. Омельяновский*. Диалектика в современной физике. М., 1973, стр. 227; *М. Ф. Маликов*. Основы метрологии, ч. 1. М., 1949, стр. 316.

частью ограничиваются лишь сравнением исследуемых свойств по их интенсивности (эмпирическая социология, психология и другие гуманитарные науки).

Всякий раз, когда удастся упорядочить то или иное свойство по степени его интенсивности с помощью отношений «больше», «меньше» или «равно», можно установить определенное соответствие между степенями этого свойства и некоторыми числами. Такой способ квантификации свойств используется во всех тех случаях, когда оказывается трудным или невозможным провести непосредственные измерения. Так, например, в минералогии широко используется шкала Мооса для определения сравнительной твердости минералов. Один минерал считается более твердым, если он оставляет на другом царапину. Чем тверже минерал, тем большее число ему соответствует на шкале Мооса: если твердость талька оценивается 1, то твердости алмаза соответствует 10. Ясно, однако, что в данном случае приписывание чисел в известной мере произвольно. С равным успехом мы могли бы, оценить твердость талька 10, тогда соответственно изменилась бы степень твердости алмаза. Но главное состоит не в этом. Поскольку числа, характеризующее степень интенсивности свойства, выбираются более или менее произвольно, то с ними нельзя производить обычных арифметических действий. А это значительно затрудняет применение математических методов для обработки результатов эмпирического исследования. Вот почему в точном естествознании не ограничиваются простым сравнением свойств в терминах «больше», «меньше» или «равно», а пытаются выразить их величину с помощью определенного числа. Но в этом случае приходится уже использовать специальную измерительную технику, чтобы выразить степень интенсивности исследуемого свойства не произвольно взятым, а точно определенным числом.

Из всего вышесказанного нетрудно понять, что измерение представляет довольно развитый этап количественного исследования явлений. Прежде чем люди научились измерять величины, они должны были уметь сравнивать различные свойства и их степени между собой, а еще раньше этого — овладеть техникой счета. Поэтому нам кажется вряд ли целесообразным называть измерением всякий способ квантификации свойств и величин по степени их интенсивности. В действительности подобное

Сравнение представляет лишь один из этапов количественного анализа вообще и измерения в особенности.

Чтобы получить более полное представление об этом анализе необходимо предварительно познакомиться с теми видами понятий, которые служат основой последующего процесса измерения. С интересующей нас точки зрения все научные понятия могут быть разбиты на три больших класса: 1) классификационные, 2) сравнительные и 3) количественные.

Как показывает само их название, классификационные понятия отображают те или иные классы объектов или явлений. На базе таких понятий по существу и строятся различные научные классификации: растений — в ботанике, животных — в зоологии, минералов — в минералогии и т. д. Выделяя существенные признаки этих классов, классификационные понятия дают возможность отличать один класс от другого и поэтому прежде всего характеризуют их качественную природу. Вот почему они часто называются также качественными понятиями. Но даже к таким понятиям возможно применить простейшие количественные методы анализа, в частности определить число элементов класса.

Сейчас всякий грамотный человек определяет количество элементов какого-либо класса вещей с помощью целых положительных, или натуральных чисел. Однако, как показывает история культуры, было время, когда люди не имели никакого представления об отвлеченных числах и тем не менее по-своему справлялись со счетом небольших совокупностей вещей. Операция счета по сути дела представляет процесс установления взаимно-однозначного соответствия между множеством сосчитываемых предметов и некоторым «эталонным» множеством. Если на заре цивилизации в качестве такого «эталона» выбиралась пальцы рук и ног самого человека, затем камушки, ракушки и тому подобные предметы, то впоследствии люди постепенно осознали необходимость введения отвлеченных чисел. Эти числа и начинают в дальнейшем выступать в качестве абстрактного «эталона», пользуясь которым люди считают те или иные совокупности предметов.

С помощью натуральных чисел определяется количество элементов конечных классов или множеств. Иногда это множество может оказаться пустым. В этом случае ему приписывается число ноль, характеризующее отсут-

ствие элементов в классе. Не все множества, изучаемые в науке, являются конечными. В теоретическом естествознании нередко приходится рассматривать и множества бесконечные. Не говоря уже об астрономии и космологии, где постоянно обсуждаются проблемы, связанные с бесконечностью Вселенной, даже в физике, химии, молекулярной биологии бесконечные множества (например, всех потенциально допустимых уровней энергии атома) служат важным инструментом исследования закономерностей природы.

Для количественной характеристики таких бесконечных множеств вводятся особые трансфинитные числа, которые образуются по аналогии с обычными натуральными числами. Располагая трансфинитными числами, мы можем сравнивать различные бесконечные множества между собой. Существенным отличием трансфинитных чисел от обычных является резкое разграничение между кардинальными (количественными) и ординальными (порядковыми) трансфинитными числами. По-видимому, исторически люди также различали порядковые и количественные натуральные числа, но так как по математической структуре они совершенно эквивалентны, то впоследствии это различие отошло на второй план. Однако в процессе измерения переменных величин мы оперируем фактически с порядковыми числами, да и сам счет в сущности представляет определенную последовательность операций, в ходе которой мы по порядку называем натуральные числа, начиная с 1 и кончая тем числом, которым завершается счет. Но как бы ни трактовать природу натуральных чисел, одно несомненно: счет представляет необходимую предпосылку для измерения. Прежде чем измерять, надо научиться считать.

Следующим этапом количественного анализа исследуемых свойств является их сравнение по степени интенсивности проявления того или иного свойства в том или ином предмете. Именно в процессе такого сравнения и сформировались те понятия, посредством которых выражается отношение между различными предметами по некоторому присущему им свойству. Такие понятия дают возможность определить, в каком отношении находится степень интенсивности некоторого свойства в различных предметах или в том же самом предмете, но в разные периоды времени. Если обозначить некоторое свойство через M , то различные отношения, которые могут суще-

ствовать между предметами, обладающими этим свойством, легко выражаются в виде следующих математических утверждений:

$$M(a) > M(b),$$

$$M(a) < M(b),$$

$$M(a) = M(b).$$

Та«, например, один минерал может быть тверже или мягче другого или быть одинаковой с ним твердости. Температура того же самого тела в разные периоды времени может быть то больше, то меньше или оставаться постоянной. Такие сравнительные понятия встречаются и в повседневной жизни, и в науке. По своему месту в познании они занимают промежуточное положение между классификационными и количественными понятиями. В отличие от первых они дают более точную информацию об интересующем нас явлении или свойстве. В то время как классификационное понятие, например твердости, делит все тела на твердые и мягкие, соответствующее сравнительное понятие оценивает степень этого свойства в терминах «больше», «меньше» или «равно». Иначе говоря, вместо простого дихотомического деления изучаемых свойств на два класса сравнительное понятие устанавливает топологическое отношение между ними, т. е. место, занимаемое разными степенями интенсивности свойства в некоторой упорядоченной шкале. Так, мы видели на примере шкалы Мооса, что по степени твердости минералы можно расположить в определенном порядке, при котором большей твердости будет соответствовать и большее число.

Обнаружение определенного порядка в степени возрастания или убывания какого-либо свойства дает возможность сравнивать степени его проявления с помощью отношений «больше», «меньше» или «равно». Поэтому о таком свойстве мы с полным правом можем говорить как о величине, хотя нередко под величиной понимают только такие свойства, степень проявления которых можно выразить числом. Однако при таком подходе слишком сужается класс величин, с которыми фактически имеет дело наука.

Главная трудность, с которой приходится встречаться при измерении величин, состоит в том, чтобы найти соответствующие процедуры измерения и единицы для

сравнения. Проще всего такие единицы и процедуры устанавливаются в науках, изучающих неорганическую природу. В науках о живой природе сделать это значительно трудней, а там, где приходится учитывать чувства, ощущения, мысли и мнения людей, измерение кажется в принципе невозможным.

«Надо помнить, — писал в 30-е годы акад. Д. Н. Крылов, — что есть множество «величин», т. е. того, к чему приложимы понятия «больше» и «меньше», но величин, точно не измеряемых, например: ум и глупость, красота и безобразие, храбрость и трусость, находчивость и тупость и т. д. Для измерения этих величин нет единиц, эти величины не могут быть выражены числами, — они не составляют предмета математики»¹. Действительно, все указанные величины нельзя оценить точно определенным числом. Противопоставляя их величинам, точно измеряемым, А. Н. Крылов хотел подчеркнуть значение численных, метрических методов в математике.

Между тем противники количественных методов исследования обычно ссылаются на подобного рода понятия психологии, этики и других гуманитарных наук, заявляя о принципиальной невозможности применения к ним понятий и методов математики. Но являются ли такого рода ссылки достаточно убедительными? Разумеется, никто не будет спорить с тем, что численные методы математики не нашли такого широкого применения в науках гуманитарных, как в естественных. И трудности здесь, действительно, существуют. Прежде чем ввести количественные понятия, надо попытаться установить для величин, встречающихся в таких науках, упорядоченную шкалу значений. Так, можно говорить о большей или меньшей степени чувства, ума, красоты и т. п., но кажется крайне искусственным оценивать эти понятия числом. Но это вовсе не значит, что к таким понятиям сравнительного характера не могут быть применены метрические методы современной математики. И теория множеств, и в особенности теория отношений позволяют раскрыть логическую структуру сравнительных понятий, которая оказывается сложнее структуры классификационных понятий. В самом деле, даже отношение эквивалентности между величинами характеризуется такими

¹ Л. Н. Крылов. Прикладная математика и ее значение для человечества. М.—Л., 1931, стр. 3.

логическими свойствами, как рефлексивность, симметричность и транзитивность. Так, если два тела являются эквивалентными по тяжести или весу, тогда они уравновешивают друг друга. Свойство рефлексивности выражает тот очевидный факт, что любое тело остается равным себе по тяжести. Симметричность характеризует обратимость отношения эквивалентности. Действительно, если мы поменяем местами два равных по тяжести тела, то весы будут по-прежнему оставаться в равновесии. Наконец, свойство транзитивности дает возможность переходить от одних эквивалентных отношений к другим. Если одно тело уравновешивает другое, а это в свою очередь — третье тело, тогда первое тело будет также уравновешивать третье. Эти свойства, кажущиеся нам весьма привычными, на самом деле играют существенную роль не только при анализе отношения эквивалентности, но и при характеристике процесса измерения. Если обозначить разные по другим физическим свойствам (кроме исследуемого общего им свойства) тела латинскими буквами x , y и z , то символически свойства отношения эквивалентности могут быть представлены так:

- 1) xRx (рефлексивность),
- 2) $xRy \rightarrow yRx$ (симметричность),
- 3) $[(xRy) \& (yRz)] \rightarrow DxRz$ (транзитивность),

где R обозначает отношение эквивалентности, $\&$ — знак конъюнкции, а \rightarrow — импликация, или логического следования. Структура других отношений, например отношения «больше» или «меньше», не обладает свойствами симметричности и рефлексивности, хотя по-прежнему сохраняет свойство транзитивности. Действительно, если одно тело тяжелее другого по весу, тогда второе тело, конечно, легче первого, поэтому симметричность отношения здесь не сохраняется. Рассмотренные выше свойства отношений эквивалентности и неравенства неявно используются в любом процессе измерения.

Все это показывает, что сравнительные понятия хотя и являются менее точными, но все же служат основой для образования количественных понятий как генетически, так и логически. Как свидетельствует история науки, прежде чем придти к точным количественным понятиям, естествознание часто довольствовалось более

слабыми сравнительными понятиями. Было время, когда температуру различных тел можно было описывать с помощью таких терминов, как «более нагретое или теплое тело», «менее теплое» и т. п. Эта неопределенность в значительной мере обусловлена тем, что без термометра установить степень нагретости тела очень трудно. Одному человеку кажется, что данное тело теплее, чем другое, второму представляется правильным обратное. И даже у одного и того же лица под влиянием различных факторов тепловые ощущения могут меняться. После изобретения термометра и установления точной процедуры для измерения температуры был найден объективный способ численной оценки этой физической величины.

Такие же объективные способы измерения наука ищет и для исследования других свойств и величин, в том числе таких сложных, как психические. В этой связи следует упомянуть известный закон Вебера—Фехнера, который устанавливает зависимость интенсивности ощущения от соответствующих факторов внешней среды, например ощущения от давления на кожу различных грузов. Чтобы установить этот закон, необходимо было построить упорядоченную шкалу значений интенсивностей ощущений. Обнаружение упорядоченного характера интенсивности свойства часто свидетельствует о возможности дальнейшего его измерения.

Наиболее простой является процедура измерения так называемых экстенсивных величин, к которым относятся, например, такие основные физические величины, как длина, масса, время. Характерная особенность таких величин состоит в том, что при некотором объединении двух тел значение получающейся экстенсивной величины будет равняться арифметической сумме величин отдельных тел. Так, например, чтобы узнать вес двух тел, мы кладем оба тела на чашу весов и убеждаемся в том, что этот вес равен сумме весов отдельных тел. Подобно этому длина, площадь, объем, электрический заряд, энергия будут экстенсивными величинами, так как совокупное значение этих величин получается путем сложения численных значений отдельных величин. При этом сама физическая операция объединения двух тел a и b , обладающих определенными значениями $M(a)$ и $M(b)$ некоторой величины M , может быть весьма различной. Так, при взвешивании тела ставятся на одну чашу весов,

при измерении длины твердые тела совмещаются концами своих ребер и т. д.

Если обозначить специфическую операцию объединения двух тел кружочком, тогда совокупное значение величины M , получающееся в результате указанной операции, будет равно арифметической сумме численных значений величин обоих тел:

$$M(a \circ b) = M(a) + M(b).$$

Величины такого рода часто называют также аддитивными, так как их совокупное значение получается путем суммирования значений отдельных величин. При этом следует иметь в виду, что арифметически складываются не сами величины, а их численные значения. Величины же могут лишь объединяться или соединяться посредством некоторой специфической операции, будь то соединение длин отрезков, объемов тел, сопротивлений проводников или даже помещение тел рядом на чаше весов.

Чтобы убедиться в том, что данная величина удовлетворяет принципу аддитивности, необходимо эмпирически найти такую операцию соединения двух или нескольких тел, соответствующие величины которых в сумме будут равной совокупному значению величины, полученной в результате соединения тел. Так, например, если взять последовательное соединение проводников, то общее сопротивление в такой цепи будет равно сумме сопротивлений отдельных ее элементов. Поэтому указанная операция будет подчиняться принципу аддитивности. Если же проводники соединены параллельно, то полное сопротивление в цепи не будет равно сумме сопротивлений отдельных проводников и, следовательно, сама операция не будет аддитивной, хотя величина, обратная сопротивлению, т. е. проводимость цепи при параллельном соединении, будет аддитивной, в то время как при последовательном соединении — неаддитивной. Эти примеры показывают, что аддитивный или неаддитивный характер величины нередко зависит от специфики операции, посредством которой происходит соединение двух или нескольких тел.

В огромном большинстве случаев все экстенсивные величины подчиняются принципу аддитивности. В противоположность этому неэкстенсивные, или интенсивные, величины не удовлетворяют этому принципу. Например, если смешать два объема воды с температурой в 40 и

60 градусов, то в результате их общая температура не будет равна 100 градусам.

Самое существенное отличие интенсивных величин от экстенсивных состоит в том, что они характеризуют не индивидуальные, а коллективные, статистические свойства объектов. Как известно, температура представляет статистическое свойство огромного числа хаотически движущихся молекул тела. Поэтому и величина, измеряющая это свойство, относится не к отдельной молекуле, а ко всей их совокупности в целом. Другими словами, если экстенсивное свойство относится к любому объекту некоторой однородной системы, то интенсивное не распределяется между составляющими ее объектами. Оно выражает характеристику целого коллектива. Это обстоятельство значительно затрудняет процесс измерения интенсивных величин.

В принципе любой процесс измерения состоит в установлении взаимно-однозначного соответствия между величиной и некоторым множеством чисел. Это соответствие описывается с помощью точных правил, которые называются правилами измерения. Чем сложнее величина, тем в большем количестве правил измерения мы нуждаемся. Действительно, если для измерения экстенсивных величин достаточно всего трех правил, то процедура измерения такой интенсивной величины, как температура, требует уже пяти правил.

Правила для измерения экстенсивных или интенсивных величин точно формулируют, каким образом приписываются числа этим величинам. Для экстенсивных величин в качестве наиболее важного правила будет выступать принцип аддитивности, согласно которому при соединении двух или нескольких тел некоторая их общая величина будет в точности равняться арифметической сумме величин отдельных тел. Таким образом, здесь определенной эмпирической операции соединения тел и, следовательно, присущих им величин будет соответствовать арифметическая операция сложения чисел, которые служат значениями этих величин. В символической форме это правило можно представить так:

$$M(xoy) = M(x) + M(y).$$

Второе правило указывает, что если две величины являются эквивалентными, то их численные значения будут равными. Вот почему это правило часто называют пра-

видом равенства. Следует иметь в виду, что установление эквивалентности тех или иных величин происходит с помощью определенной эмпирической процедуры. Так, эквивалентность длин отрезков проверяется с помощью наложения одного отрезка на другой, равенство тел по тяжести устанавливается с помощью весов. Согласно второму правилу, качественная эквивалентность величин находит свое отображение в равенстве их значений, т. е. чисел.

Если $M(x) \sim M(y)$, то $M(x) = M(y)$,

где символ \sim обозначает отношение эквивалентности. Наконец, третье правило характеризует единицу измерения и тем самым принятую шкалу для сравнения.

$$\frac{M(x)}{M(e)} = p,$$

где $M(x)$ представляет измеряемую величину, $M(e)$ — единицу измерения и p — некоторое число, являющееся результатом измерения. В качестве единицы измерения обычно выбирается некоторое стандартное тело или процесс, с помощью которых могут быть выражены численные значения соответствующих величин. Так, в физике для измерения длины выбирается либо сантиметр (в системе CGS), либо метр (в системе MKS). В качестве единицы массы (веса) в первой системе берется грамм, во второй — килограмм.

Измерение интенсивных величин представляет более сложную процедуру, и поэтому здесь мы нуждаемся в дополнительных правилах. Прежде всего мы должны иметь правила, с помощью которых можно было бы сравнивать различные интенсивности. Такое сравнение, как мы видели, достигается с помощью отношений эквивалентности и неравенства. Если две интенсивные величины являются эквивалентными, то им приписывают одинаковые численные значения. Поэтому первое правило для измерения интенсивных величин в принципе не будет отличаться от правила равенства для экстенсивных величин.

Если $M(x) \sim M(y)$, то $M(x) = M(y)$.

С помощью отношения неравенства достигается упорядочение величин по степени возрастания или убывания их интенсивности. Второе правило измерения устанавливает, что большей интенсивности величины соответ-

ствует и большее число. Наоборот, меньшей интенсивности приписывается меньшее число. Таким образом, с помощью этого правила отношение порядка между интенсивностями можно отобразить в отношении порядка между соответствующими им численными значениями.

Если $M(x) \neq M(y)$, то $M(x) > M(y)$ или $M(x) < M(y)$.

Хотя в формулировках первых двух правил мы использовали понятие числа, теоретически вполне допустимо сравнение различных экстенсивных величин и без чисел. Но такое сравнение не будет столь эффективным, как в случае, когда оно осуществляется с помощью чисел.

Чтобы построить шкалу значений интенсивной величины и установить единицу для измерения, необходимо определить две крайние точки шкалы. Эти точки обычно соответствуют началу отсчета, или нулевой точке, и концу отсчета. Так, например, в метрической шкале Цельсия за нулевую температуру принимается температура замерзания воды, в качестве второго значения выбирается температура кипящей воды. Эти заранее выбранные точки шкалы устанавливаются с помощью специальных двух правил. Помещая теперь ртутный термометр сначала в замерзающую воду, а затем в кипяток, мы можем отметить уровни ртути в трубке термометра. Пользуясь термометром, мы можем точнее сравнить температуры двух тел, чем это можно сделать с помощью субъективных ощущений тепла. Такое сравнение по-прежнему можно осуществить с помощью понятий «больше», «меньше» или «равно».

Для перехода к количественным (метрическим) понятиям необходимо иметь проградуированную шкалу температур. В качестве шкал обычно используются изменения тех или иных физических свойств тел. В частности, в термометрах со ртутью или со спиртом наблюдения основываются на расширении их объема при нагревании и сжатии при охлаждении. Чтобы получить простую шкалу для измерения температур, следует принять такое важное правило: если разность между двумя любыми объемами столбика ртути равна разности между двумя соответствующими объемами, тогда шкала будет пока* зывать одинаковую разность температур.

$$\text{Если } \frac{V(x_1) - V(x_2)}{T(x_1) - T(x_2)} = \frac{V(y_1) - V(y_2)}{T(y_1) - T(y_2)}, \text{ то}$$

Разделив шкалу на 100 равных частей, мы получим единицу измерения — градус. Аналогично определяются единицы измерения других интенсивных величин.

Измерение способствует формированию количественных понятий, хотя сами эти понятия непосредственно не возникают из процесса измерения. В противоположность этому сторонники операционализма утверждают, что каждое количественное понятие определяется с помощью тех эмпирических процедур, которые служат для измерения соответствующих величин. Однако в таком случае пришлось бы вместо одного понятия длины, температуры, силы тока и других количественных понятий ввести столько различных понятий, сколько существует эмпирических процедур для измерения этих величин. Операционалисты чрезмерно преувеличивают эмпирический момент в процессе образования понятий и игнорируют значение рациональных методов в их определении.

Другая крайность состоит в том, что количественные понятия нередко в зарубежной литературе рассматриваются как чисто концептуальные схемы, которым якобы не соответствует никакое содержание в самом объективном мире. Так, Р. Карнап специально подчеркивает, что «различие между качественным и количественным является не различием в природе, а различием в нашей концептуальной системе, мы можем сказать в языке, если под языком подразумевать систему понятий»¹. Он считает ошибочным, что в природе существуют особенности двух родов — количественная и качественная².

Если принять подобную точку зрения, тогда количественные понятия будут лишь удобным рабочим инструментом исследования. Между тем, предсказания, основанные на таких понятиях, являются наиболее надежными. Этого не могло бы быть, если бы количественные понятия не отображали определенные свойства и отношения природы. Разумеется, обычный язык нельзя рассматривать как отображение реального мира. Другое дело язык науки, под которым понимают систему понятий. Понятия и теории отображают свойства и закономерности объективного мира и только поэтому и могут применяться для его познания и практического изменения.

¹ Р. Карнап. *Философские основания физики*, стр. 106.

² См. там же, стр. 107.

Гипотеза и индуктивные методы исследования

Решение любой научной проблемы включает выдвижение некоторых догадок, предположений, а чаще всего более или менее обоснованных гипотез, с помощью которых исследователь пытается объяснить факты, которые не укладываются в старые теории.

Многие научные открытия возникают в результате стремления устранить противоречия между существующими теориями и реальными фактами, а не ставят непосредственной целью обнаружение новых явлений и управляющих ими закономерностей. Замечательным примером такого открытия является предсказание о существовании новых планет в Солнечной системе. Так, к гипотезе о существовании неизвестной в свое время планеты Нептун астрономы пришли в надежде устранить противоречие между теоретически вычисленными положениями Урана и фактическими результатами наблюдений. Перебрав различные другие предположения, Адаме и Леверье выдвинули и разработали гипотезу, согласно которой возмущения в движении Урана объяснялись действием более отдаленной планеты. Эта планета впоследствии была открыта Галле и названа Нептуном. Аналогичным путем была открыта планета Плутон. Из более современных гипотез в качестве иллюстрации можно привести знаменитую гипотезу М. Планка о квантовом характере излучения. По признанию самого Планка, он с большим трудом порвал со старыми классическими представлениями и вынужден был это сделать под влиянием неумолимых фактов науки.

В разрешении противоречия между новыми фактами и старыми теоретическими представлениями важнейшая роль принадлежит гипотезе. Прежде чем будет построена новая теория, гипотеза должна объяснить факты, противоречащие старой теории, пока не будет заменена

другой гипотезой или не станет законом. По отношению К естествознанию эта роль гипотезы была специально подчеркнута Ф. Энгельсом:

«Формой развития естествознания, поскольку оно мыслит, — писал он, — является *гипотеза*. Наблюдение открывает какой-нибудь новый факт, делающий невозможным прежний способ объяснения фактов, относящихся к той же самой группе. С этого момента возникает потребность в новых способах объяснения, опирающихся сперва только на ограниченное количество фактов и наблюдений. Дальнейший опытный материал приводит к очищению этих гипотез, устраняет одни из них, исправляет другие, пока, наконец, не будет установлен в чистом виде закон. Если бы мы захотели ждать, пока материал будет готов *в чистом виде* для закона, то это значило бы приостановить до тех пор мыслящее исследование, и уже но одному этому мы никогда не получили бы закона»¹.

Энгельс рассматривает гипотезу как необходимый, закономерный этап в развитии научного знания, цель которого состоит в предварительном объяснении явлений, не укладывающихся в рамки старых теоретических представлений. Естественно, опираясь на ограниченное количество фактов, гипотеза не может всякий раз приводить к истинным результатам. Именно поэтому в истории философии и методологии науки было немало попыток отрицания роли и значения гипотез в научном исследовании. Сторонники эмпиризма, например, считают вполне надежными только те предположения науки, которые опираются на непосредственные данные наших чувственных восприятий или их простейшие обобщения. Поэтому они весьма подозрительно относятся к гипотезам, видя в них в лучшем случае временное, вспомогательное средство исследования. В конце прошлого века с резкой критикой использования гипотез, особенно о ненаблюдаемых объектах, таких как атомы и молекулы, выступили представители эмпириокритицизма во главе с австрийским физиком и философом Э. Махом.

Однако результаты эмпирического исследования и простейшие их обобщения составляют лишь начало научного познания. Эти результаты нуждаются в интерпретации и объяснении, что невозможно сделать без гипотез. Важнейшая функция гипотез в опытных науках

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 555.

состоит в расширении и обобщении известного эмпирического материала. Результаты наблюдений и экспериментов всегда относятся к сравнительно небольшому числу явлений и событий, между тем как утверждения науки претендуют если не на универсальность, то на весьма большую общность. С помощью гипотезы мы стремимся расширить наше знание, экстраполируя найденную в результате непосредственного исследования конечного числа случаев закономерность на все число возможных случаев. В сравнительно простых ситуациях такое расширение знания достигается с помощью индукции. Поэтому первоначальный этап исследования в опытных науках часто связывается с индуктивными методами построения гипотез.

На более зрелой стадии исследования и в наиболее развитых науках гипотезы представляют весьма сложный и длительный результат исследования, включающий в качестве важнейшего момента интуицию и исследовательский опыт ученого. Как правило, гипотезы здесь используются в качестве посылок дальнейших умозаключений. Именно по проверяемым следствиям таких умозаключений делают вывод о правдоподобности самой гипотезы. Что касается поисков и даже выбора гипотезы, то тут нельзя указать никакой логической схемы или процедуры, с помощью которой можно было бы найти наиболее правильную или даже наивероятнейшую гипотезу. Это, однако, не исключает необходимости предварительного обоснования гипотезы как с теоретической, так и с эмпирической или фактической стороны.

В этой главе анализируются две основные функции гипотезы: (1) роль гипотезы в обобщении и расширении опытного знания; (2) использование гипотезы в качестве посылок дедукции. Во втором случае мы вступаем в область гипотетико-дедуктивного метода, который широко применяется в теоретическом естествознании. Предварительно рассмотрим сущность самой гипотезы, ее логическую структуру, разные типы гипотез, используемых в современной науке.

1. Гипотеза как форма научного познания

В самом широком смысле слова под гипотезой понимают всякое предположение, догадку или предсказание, основывающиеся либо на предшествующем знании, либо

на новых фактах, но чаще всего — на том и другом одновременно. В опытных науках гипотеза обязательно должна опираться на новые факты, на все предшествующее теоретическое знание, в котором аккумулируется прежний эмпирический опыт. Гипотеза не просто регистрирует и суммирует известные старые и новые факты, а пытается дать им объяснение, в силу чего ее содержание значительно богаче тех данных, на которые она опирается.

Иногда гипотезой называют «любую попытку описать действительность в словах», причем отдельная гипотеза рассматривается в этом случае как «наименьшая из единиц описания»¹. С такой точкой зрения вряд ли можно согласиться. Не говоря уже о неопределенности «описания действительности в словах», она не делает различий не только между гипотезой, законом и теорией, но даже между фактами, на которых строится сама гипотеза. Доля истины здесь заключается в том, что в опытных науках гипотеза действительно служит той первоначальной ступенью знания, на основе которой впоследствии возникают законы, а затем целые теории.

Чтобы получить более полное представление о гипотезе как особой форме научного познания, необходимо рассмотреть ее гносеологические особенности и логическое строение.

Логическая структура гипотезы. Любая гипотеза, как уже отмечалось, строится на основе определенных фактов или знаний, которые называются ее посылками, данными или свидетельствами. Эти данные также представляют описание действительности, но их роль в познании существенно отлична от самой гипотезы: они в той или иной степени подтверждают гипотезу или, как мы покажем позже, делают ее более или менее вероятной. С изменением данных меняется и степень подтверждения гипотезы. Новые наблюдения или специально поставленные опыты могут увеличить эту степень или даже совсем опровергнуть гипотезу. Поэтому нельзя говорить о подтверждении гипотезы, не указав тех фактов, на которые она опирается.

Между свидетельствами, или посылками, и самой гипотезой существует определенная логическая взаимосвязь, которую обычно называют *логической*, или *индук-*

тивной вероятностью. Чтобы лучше представить характер этой связи, полезно вспомнить хорошо известные дедуктивные умозаключения, в которых вывод следует из посылок с логической необходимостью. Иными словами, выводы таких умозаключений всегда имеют достоверный характер и поэтому могут рассматриваться отдельно от посылок. Некоторые современные ученые считают возможность отделения заключения от посылок, их автаркию, важнейшей характерной чертой дедуктивных рассуждений¹. Во всех формах недедуктивных рассуждений посылки обеспечивают лишь ту или иную степень вероятности заключения. Поэтому такие рассуждения называются вероятностными, или правдоподобными. Поскольку степень вероятности таких рассуждений существенным образом зависит от посылок, то их заключения нельзя рассматривать отдельно от этих посылок.

С логической точки зрения любая гипотеза представляет форму недедуктивного рассуждения, поскольку ее данные обеспечивают лишь вероятность заключения. Иначе говоря, этих данных явно недостаточно, чтобы сделать достоверное заключение. Именно с такой ситуацией мы постоянно встречаемся в опытных науках. Вероятность, которая характеризует отношение между посылками и гипотезой, существенно отличается от *статистической*, или *частотной*, вероятности. Под вероятностью гипотезы понимают степень подтверждения ее всеми, непосредственно относящимися к ней данными или свидетельствами. Если обозначить свидетельства гипотезы *H* через *E*, степень подтверждения — *c*, тогда любую гипотезу символически можно представить так:

$c(H/E) = p$, где *p* представляет некоторое положительное число в сегменте $0 \leq p \leq 1$. Отсюда видно, что степень подтверждения *c*, численно измеряемая с помощью *p*, зависит от точно фиксированных свидетельств *E* гипотезы *H*. Поскольку вероятность гипотезы характеризует логическое отношение между посылками и самой гипотезой, то ее называют логической вероятностью.

В отличие от нее частная, или статистическая, вероятность описывает определенные объективные отношения в реальном мире, а именно: она представляет неко-

¹ *W. Steffenb.* Hypothesis and Evidence. New York, 1968, p. 1.

¹ См. *Д. Поля.* Математика и правдоподобные рассуждения. М., 1957, стр. 371.

торое число или фиксированное значение, к которому стремится (по вероятности) относительная частота массового случайного события при достаточно большом числе независимых испытаний¹. Из физики, биологии и общественных наук известно, что существует множество массовых случайных явлений, обладающих устойчивой или почти постоянной частотой. Статистическое понятие вероятности служит для количественной характеристики именно таких явлений. Вычислив относительную частоту, с которой появляется некоторое случайное событие при достаточно длительных наблюдениях, мы сможем убедиться, обладает ли оно устойчивой частотой. Статистическая вероятность, таким образом, находится опытным путем. Вот почему ее называют иногда также эмпирической вероятностью.

Вероятность гипотезы непосредственно выражает логическое отношение между высказываниями. Эти высказывания отображают определенные связи реального мира, но само отношение между ними имеет логический характер. Пользуясь терминологией символической логики, можно оказать, что в то время как статистическая вероятность представляет объектную интерпретацию, вероятность гипотезы является метавысказыванием, т. е. утверждением о свойствах высказываний, характеризующих непосредственно те или иные соотношения реальных объектов. Другими словами, логическая вероятность представляет высказывание более высокого уровня абстракции. И статистическая и логическая вероятности характеризуют меру возможности событий или высказываний (о событиях). Поэтому они охватываются категорией вероятности. Следует также иметь в виду, что формальная, или математическая, структура обоих типов вероятностей является в принципе одинаковой, хотя здесь и существуют некоторые несущественные различия. Использование хорошо разработанного математического аппарата исчисления вероятностей дает возможность применять точные методы для исследования индуктивных и гипотетических умозаключений.

С теоретико-познавательной точки зрения различие между гипотезой и ее эмпирическими данными, или свидетельствами, проявляется в том, что данные относятся к строго фиксированным, конкретным фактам, наличие

которых может быть засвидетельствовано объективными средствами исследований. В зарубежной литературе эти данные часто называют наблюдаемыми фактами. В отличие от этого гипотеза относится к свойствам или характеристикам, которые либо до сих пор не наблюдались, либо вообще не наблюдаемы. Так, Марио Бунте в своей работе «Научное исследование» называет гипотезу «фактуальной, если и только если: (1) она непосредственно или косвенно относится к фактам, которые еще не наблюдались или не наблюдаемы в принципе, и (2) она корректируется с точки зрения нового знания»¹. Хотя такое противопоставление не во всем правильно, оно подчеркивает важный признак гипотезы. Данные, на которых она основывается, должны быть не только наблюдаемыми и известными, но и достаточно надежными, а в эмпирических науках не выходить за рамки опыта и наблюдения. Гипотеза же создается для того, чтобы объяснить факты уже известные и предсказать еще неизвестные. Естественно поэтому, что по своему объему она должна быть шире имеющихся фактов, а по содержанию — глубже эмпирического знания, на которых строится. Это различие проявляется в самой логической форме тех высказываний, с помощью которых формулируются гипотеза и ее данные. Хорошо известно, что начиная с Аристотеля отличительный признак науки видели в том, что она имеет дело с общими, универсальными суждениями, тогда как эмпирические сведения выражаются с помощью частных и единичных утверждений. Отсюда легко может возникнуть искушение считать все научные гипотезы универсальными суждениями. Однако такой взгляд не согласуется с реальным положением дел в самой науке, в особенности современной, где наряду с гипотезами универсального характера все чаще встречаются статистические гипотезы. В этих гипотезах формулируются некоторые предположения о корреляциях, тенденциях роста или же средних значениях исследуемых свойств и отношений.

Гипотезы универсального характера свойственны науке на более высокой ступени развития, когда имеются основания предполагать, что исследуемая закономерность относится ко всем без исключения случаям. Однако

¹ См. В. В. Гнеденко. Курс теории вероятностей. Л1, 1961, стр.43.

¹ M. Bunge, Scientific Research. The Search of System, vol. 1. Berlin — New York, 1967, p. 222.

Прежде чем придти к такому выводу, необходимо изучить множество частных случаев и сформулировать целый ряд гипотез частного характера. Среди них особого внимания заслуживает статистическая гипотеза, которая выражает анализируемые зависимости точным, количественным способом и поэтому представляет наиболее важный вид гипотез неуниверсального характера.

В логической структуре различие между гипотезами универсального и частного характера проявляется в использовании различных кванторов. Для универсальной гипотезы в логике применяется квантор всеобщности, или универсальности, а для частной — квантор существования, или экзистенциальный квантор. Именно поэтому в зарубежной литературе по методологии науки все частные гипотезы называются экзистенциальными.

Наиболее распространенной формой выражения связи между гипотезой и ее данными в современной логике считается условное высказывание, т. е. предложение вида: «Если *A*, тогда *B*», — в котором ясно указывается, при каких обстоятельствах имеет место гипотеза. Однако гипотеза может быть сформулирована и в виде утвердительного предложения (например, «Существует жизнь на других планетах»). Поэтому грамматическая форма хотя и облегчает формулировку гипотезы, но не играет столь важной роли при ее определении.

Характер посылок гипотезы. Рассмотрим логическую форму тех высказываний, которые представляют посылки гипотезы. Эти высказывания не могут быть такими же универсальными по характеру или просто более общими, чем сама гипотеза. Как уже отмечалось, посылки гипотезы должны служить в качестве ее подтверждения и, следовательно, допускать эмпирическую проверку. Высказывания же универсального характера никогда не могут быть окончательно подтверждены с помощью любого опыта, так как на опыте мы можем проверить лишь *конечное* число случаев. Между тем высказывание универсальной формы относится ко всем потенциально возможным случаям вообще. Естественно поэтому, если мы хотим, чтобы гипотезы можно было проверять на опыте, то в качестве их посылок следует брать высказывания частного или даже единичного характера. Что касается самой природы высказываний, служащих посылками гипотезы, то здесь можно выявить две противоположные точки зрения. Сторонники первой утверждают, что дан-

ными, на которые опирается гипотеза, должны быть суждения о непосредственных чувственных восприятиях, ибо только они представляют достоверное знание. Все суждения о предметах внешнего мира частично проблематичны и поэтому имеют лишь вероятностный характер. Гипотеза должна основываться на вполне надежном знании, которым, по мнению сторонников этой точки зрения, обладает лишь непосредственное чувственное восприятие. Противники подобной точки зрения справедливо указывают, что наука не может основываться только на непосредственных восприятиях. Результаты науки имеют всеобщее и объективное значение. Поэтому посылки, на которых строится гипотеза, должны быть высказываниями о конкретных процессах и явлениях внешнего мира. Хотя эти высказывания и не являются абсолютно достоверными, но они достаточно надежны для того, чтобы строить на них все наше теоретическое знание. Так же, как и гипотеза, сами данные, на которые она опирается, с развитием науки и практики нуждаются в исправлении и уточнении. В этом плане разница между ними имеет *относительный* характер, так как нередко приходится использовать *в* качестве посылок также гипотетические утверждения. Однако такие утверждения, как правило, стоят ближе к реальности и в большей степени подтверждаются фактами. Поиски каких-то абсолютно достоверных оснований для гипотез представляют бесплодное занятие.

Подробно анализируя эти точки зрения, американский философ С. Ф. Баркер справедливо отмечает недостатки первой из них, тем не менее он считает их не исключающими, а *дополняющими* друг друга¹. Основание для этого он видит в том, что обе точки зрения представляют идеализацию реального процесса использования гипотез в науке, причем в первом случае эта идеализация значительно сильнее, чем во втором. По его мнению, те, кто признает, что посылками гипотез должны служить результаты (Непосредственного чувственного восприятия (*sense data*)), способны провести точное различие между гипотезой и ее эмпирическими данными и тем самым избежать ряда философских затруднений. Они «е интересуются практическим приложением своей

¹ S. F. Barker. Induction and Hypothesis. A Study of the logic of confirmation. Ithaca — New York, 1957, p. 43.

идеализированной схемы к реальной практике научных рассуждений, а стремятся выявить те конечные предпосылки, на которых можно было бы обосновывать гипотезы. Такое противопоставление теории практике, то меньшей мере, странно.

Паука всегда стремится к тому, чтобы ее абстракции и идеализации в конечном итоге точнее и адекватнее отражали действительность. Однако представление о том, что гипотеза, а следовательно, и все теоретическое знание должны опираться только на непосредственные данные чувств, да еще истолковываемые в субъективно-идеалистическом духе, находится в явном противоречии с действительной практикой науки. В методологии науки на подобных позициях стоят сторонники современного позитивизма. Правда, последние нередко на словах отрицают правомерность деления философов на два противоположных лагеря, считая основной философский вопрос псевдопроблемой. В действительности же они продолжают старую линию субъективного идеализма, пытаясь обосновать все теоретическое знание на данных непосредственного чувственного опыта, «протокольных» или «эмпирически проверяемых предложениях». Такая попытка не увенчалась, да и не могла увенчаться успехом, поскольку она противоречит всей действительной практике развития науки. Вот почему многие из неопозитивистов вынуждены были отказаться от этих принципов, которые они с таким шумом провозгласили в 30-е годы, претендуя на роль единственно верной философии науки.

Этапы формирования гипотезы. Гипотеза как форма развития научного знания проходит определенные этапы формирования, которые характеризуются степенью ее подтверждения конкретными эмпирическими фактами и глубиной теоретического обоснования. Если взглянуть на гипотезу именно под этим углом зрения, то в ее формировании можно выделить следующие этапы, которые нередко рассматриваются в качестве самостоятельных типов гипотез.

{1} Первоначально всякое предположение выступает в форме *догадки*. Обычно эта догадка так или иначе связывается с конкретными фактами, опытом или эмпирическими данными, которые и приводят чаще всего к догадке. Как правило, для догадки не хватает достаточного количества данных или же имеющиеся данные вы-

зывают сомнение и требуют дальнейшего анализа. В еще большей степени догадка требует обоснования теоретическим знанием. Поскольку всякая гипотеза зависит как от количества и разнообразия фактов, так и от степени обоснования ее теоретическим знанием, то различают гипотезы эмпирически правдоподобные и теоретически правдоподобные.

(2) *Эмпирические гипотезы* обычно подтверждаются фактами, результатами наблюдений или экспериментов в какой-либо сравнительно небольшой области исследования. Однако таким гипотезам часто не хватает теоретического обоснования, а самое главное — они представляют отдельные, изолированные предположения. Поскольку они не объединены в нечто целое, не говоря уже о системе, подтверждение одной гипотезы не влияет на подтверждение других гипотез. Обычно эмпирическая стадия исследования начинается именно с такого рода обособленных гипотез, в которых ученые пытаются осмыслить быстро растущую информацию об опытных данных.

(3) *Теоретически правдоподобные гипотезы* в отличие от эмпирических основываются на тех или иных теоретических принципах, идеях и законах или на других, более надежных и проверенных гипотезах. Нередко они представляют логическое следствие определенных принципов, законов и гипотез. Однако они недостаточно обосновываются фактами, опытными данными, поэтому и остаются теоретическими предположениями. Ярким примером такой теоретической гипотезы было предсказание радиоволн, сделанное английским физиком Дж. К. Максвеллом. Существование таких волн впоследствии было экспериментально доказано немецким физиком Г. Герцем.

(4) На теоретической стадии исследования обычно имеют дело не только с эмпирически хорошо подтвержденными, но и теоретически обоснованными гипотезами. В наиболее развитых науках (в астрономии, физике, химии и других) всякую вновь выдвигаемую гипотезу стремятся связать с имеющимися гипотезами, законами и принципами, а также твердо установленными экспериментальными фактами. Это гарантирует науку от случайных, скороспелых обобщений, непродуманных предположений, способствует корректировке имеющихся гипотез. В результате этого нередко приходят к надежно

подтвержденным гипотезам, которые считаются практически достоверными истинами. К их числу относятся законы и принципы опытных наук. Совокупность гипотез различной общности и вероятности вместе с установленными законами образует уже теоретическую систему, научную теорию. Конечно, перечисленными элементами не исчерпывается создание теории, но здесь важно подчеркнуть направление процесса: из первоначальных, довольно разрозненных и изолированных догадок, эмпирических обобщений и гипотез при их постепенном обосновании и опытной проверке возникает систематическое и падежное знание — законы и научные теории.

2. Гипотетико-дедуктивный метод

В процессе научного исследования гипотеза используется для двух целей: объяснить с ее помощью существующие факты и предсказать новые, неизвестные факты. Это основная и наиболее известная функция гипотезы. Задача исследователя в данном случае состоит в том, чтобы на основании имеющихся эмпирических фактов и существующих теоретических представлений оценить степень вероятности, или правдоподобия, гипотезы. Гипотеза выступает здесь в качестве заключения или результата некоторого вероятностного рассуждения.

Путем выведения из гипотезы различных следствий можно судить о ее теоретической и эмпирической пригодности. Если окажется, например, что из гипотезы вытекают следствия, которые противоречат друг другу, то это свидетельствует о несостоятельности самой гипотезы. Выведение эмпирически проверяемых следствий из гипотезы служит также важнейшим методом проверки ее соответствия действительности, т. е. ее истинности. Во всех этих и подобных им случаях гипотеза выступает уже в иной роли, а именно: в качестве исходной посылки некоторого правдоподобного, или гипотетического, рассуждения.

Гипотетические рассуждения. Гипотетическими называют рассуждения или умозаключения, которые делаются из некоторых гипотез или предположений. Посылками такого рассуждения могут быть гипотезы в собственном смысле этого слова, т. е. суждения, которые могут оказаться как истинными, так и ложными. Нередко в качестве посылок берутся суждения, противоречащие фактам

или существующим мнениям¹. Термин «гипотеза» употребляется здесь в весьма широком смысле, обозначая любое предположение: в случае обычных гипотез истинное значение посылок остается неопределенным. Однако мы можем использовать в качестве посылок и суждения, заведомо противоречащие фактам и установившимся мнениям, и на этой основе делать некоторые логические выводы.

Наибольшее значение в научном исследовании имеют, конечно, рассуждения, посылками которых служат гипотезы в собственном смысле слова. Именно они дают возможность проверять наши обобщения, догадки и предположения по сопоставлению их следствий с результатами эмпирических наблюдений, а также экспериментов. Такого рода рассуждения в литературе по логике принято называть гипотетико-дедуктивными, хотя дедуктивный характер вывода присущ и умозаключениям, в которых в качестве посылок используются суждения, противоречащие фактам или установившимся мнениям.

Существенное различие между рассуждениями, в которых мы делаем заключение из эмпирических данных, и гипотетическими выводами состоит в том, что в первом случае мы опираемся на суждения о точно установленных фактах, во втором — выводим следствия из гипотез. Связь между посылками и гипотезой в эмпирическом исследовании всегда имеет вероятностный характер, так как опыт дает нам сведения о конечном числе фактов и случаев, заключение же гипотезы чаще всего относится к бесконечному числу фактов или случаев. Наиболее типичные примеры таких рассуждений встречаются в индуктивных обобщениях.

В гипотетических рассуждениях значение посылок является или неизвестным или заведомо противоречит фактам. Само же рассуждение является типично дедуктивным. Однако проблематический характер посылок делает заключение также проблематическим. Такого рода рассуждения имеют значение постольку, поскольку из их посылок по логическим правилам дедукции можно получать однозначные следствия и по ним судить о характере самих посылок.

Гипотетические рассуждения применяются так же давно, как и обычные, так называемые категорические,

¹ N. Rescher. Hypothetical Reasoning. Amsterdam, 1964, p. 1.

но логический анализ их стал проводиться лишь в античную эпоху. Древние греки прибегали к таким рассуждениям и о науке, и в политических дискуссиях, и судебных спорах, а нередко и в повседневных делах. По-видимому, в первое время рассуждения с гипотетическими или противоречащими фактам посылками были неотъемлемой частью античной диалектики. Хорошо известно, что под диалектикой и Древней Греции понималось искусство ведения спора, полемики, беседы. В ходе такого спора каждый из участников стремился обнаружить противоречия в рассуждениях своего оппонента. Это можно было сделать посредством выведения следствия из принятых предположений, мнений или убеждений и последующего их сопоставления с реальными фактами или твердо установленными знаниями. Большое число конкретных примеров таких диалектических рассуждений можно обнаружить у Платона, который сам много заимствовал у своего учителя Сократа¹. Не случайно поэтому рассуждения, основанные на такой диалектике, иногда называют сократическими. До Сократа гипотетические рассуждения высоко ценились Зеноном и элеатами. В своих знаменитых апориях Зенон использует их как важный прием аргументации, вероятно, пифагорейцам принадлежит заслуга введения в математику такого плодотворного приема гипотетического рассуждения, как доказательство некоторого положения посредством сведения к нелепости его отрицания (*reductio ad absurdum*). Считается, что именно с помощью этого приема пифагорейцы доказали теорему о несоизмеримости диагонали квадрата с его стороной, принятой за единицу.

Систематическое использование гипотез в качестве посылок в рамках несиллогистических умозаключений мы встречаем в работах основателя формальной логики Аристотеля. Для него гипотеза представляет предположение, служащее посылкой или исходным пунктом какой-либо аргументации. Принятие или отрицание гипотезы зависит от подтверждения ее следствий. Подход Стагирита к гипотезе не только оказал существенное влияние на характер изложения «Начал» Евклида, но и продолжает сохранять свое значение и сейчас в области так называемых формальных пауков, т. е. в математике

¹ №. *Kneale, M. Kneale. The Development of Logic. Oxford, 1962, p. 7—9,*

и логике. Действительно, с современной точки зрения математические аксиомы отнюдь не считаются самоочевидными истинами, как думали раньше, а представляют некоторые допущения, или гипотезы, из которых чисто логически выводятся вся совокупность теорем. Аксиоматический метод дает возможность точно выявить необходимое и достаточное количество таких предположений и тем самым избавляет нас от логического круга, так как аксиомы, будучи исходными гипотезами, в рамках самой системы не доказываются.

Из математики гипотетические рассуждения были заимствованы греческими естествоиспытателями, которые использовали их для систематизации накопленного эмпирического материала. Но здесь гипотезы уже выступают как некоторые предположения, основанные на обобщении результатов наблюдений. Правильность их проверялась по тем следствиям, в которых можно было убедиться фактически. В данном случае мы уже переходим к собственно гипотетико-дедуктивному методу, который в античную эпоху нашел свое блестящее выражение в исследованиях Архимеда но статике.

В настоящее время гипотетико-дедуктивные рассуждения находят также применение в эвристике, дидактике, в теории обучения. Как своеобразный метод аргументации они используются при анализе мысленных экспериментов, планировании будущих действий и т. п. В этих разных по характеру ситуациях стремятся получить максимальное число дедуктивных следствий и соответственно с ними корректируют будущие действия¹. Но главной областью применения гипотетических рассуждений по-прежнему остаются естествознание и опытные науки.

Гипотетико-дедуктивный метод в классическом естествознании. Естествознание и опытные науки имеют дело прежде всего с данными наблюдений и результатами экспериментов. После соответствующей обработки опытных данных ученый стремится понять и объяснить их теоретически. Гипотеза и служит в качестве предварительного объяснения. Но для этого необходимо, чтобы следствия из гипотезы не противоречили опытным фактам. Поэтому логическая дедукция следствий из гипотезы служит закономерным этапом научного исследования. В иных случаях такая дедукция не требует применения

¹ *N. Reseller. Hypothetical Reasoning, p. 3 -10.*

сколько-нибудь сложных и топких логических и математических методов исследования. Однако в таких развитых науках, как теоретическая физика, она представляет не менее трудную задачу, чем выдвижение и обоснование самих гипотез.

В зарубежной методологии науки нередко сам метод естествознания рассматривается как гипотетико-дедуктивный. Это, конечно, преувеличение, ибо такой подход совершенно игнорирует роль индуктивных и статистических методов исследования. Рассматривая теоретические системы опытных наук как гипотетико-дедуктивные, многие зарубежные логики и философы по сути дела анализируют лишь готовые теории. Они не показывают тех путей и средств, с помощью которых ученый приходит к исходным посылкам своей теории, т. е. к гипотезам, принципам и законам.

В то же время нельзя отрицать, что гипотетико-дедуктивная модель является наиболее подходящей для исследования структуры значительного числа естественнонаучных теорий. Чисто дедуктивные и формально-аксиоматические методы исследования применяются главным образом в математике, а также в тех разделах теоретического естествознания, где широко используются математические методы. По даже в математике, когда заходит речь о ее применении к конкретным проблемам, мы вынуждены обращаться к гипотетико-дедуктивному методу, поскольку встает задача интерпретации аксиом как некоторых гипотез о реальном мире. Поясним эту мысль на примере геометрии. Предположим, что нам нужно решить вопрос о том, какая из геометрий — Евклида, Лобачевского или Римана — лучше описывает пространственные свойства окружающего нас мира. Первое, что нам придется сделать, — это избрать какую-либо конкретную интерпретацию исходных понятий и аксиом этих геометрических систем. Так, например, прямую линию можно рассматривать как путь светового луча, точку — как место пересечения таких лучей и т. д. После этого аксиомы геометрии перестанут быть абстрактными утверждениями и превратятся в некоторые гипотезы физического характера, правдоподобность которых можно проверить экспериментально.

Если в математике обращение к гипотетико-дедуктивному методу происходит только при применении его к опытному материалу, то в естествознании этот метод

используется для построения самих теории. Действительно, обобщения, получаемые из опыта и гипотезы, здесь никогда не остаются изолированными утверждениями. Их стремятся связать в единую систему или цепь утверждений, причем большую часть их логически вывести из более общих гипотез, принципов или законов, хотя первоначально многие из них могли быть получены чисто эмпирическим или индуктивным путем.

В классическом естествознании наиболее широкое применение гипотетико-дедуктивный метод получил в физике, в особенности в трудах основателей классической механики — Галилея и Ньютона. Это объясняется в первую очередь тем, что в механике впервые удалось осуществить точно контролируемые эксперименты. Немаловажную роль здесь играет и то обстоятельство, что зависимости между свойствами исследуемых явлений в механическом движении сравнительно легко поддаются математической формулировке. Логико-математические методы играют существенную роль и при дедукции следствий из гипотез. ВОТ почему и Галилей и Ньютон очень высоко оценивали значение математических методов при исследовании явлений природы. Как мы уже отмечали, гипотетико-дедуктивным методом в естествознании начал пользоваться еще Архимед, по он имел дело только со статикой, с различными случаями равновесия сил. Экспериментальное изучение динамических процессов впервые начал проводить Галилей. В своих исследованиях он нередко прибегал к помощи гипотетико-дедуктивного метода, о чем свидетельствует его работа «Беседы и математические доказательства...», в которой можно найти немало чрезвычайно поучительных примеров применения этого метода к проблемам механики и сопротивления материалов.

В качестве иллюстрации обратимся к Дню третьему «Бесед», где Галилей излагает метод, с помощью которого он пришел к важнейшему открытию — установлению закона постоянства ускорения всех падающих тел. Вначале он, как и его предшественники, среди которых был Леонардо да Винчи, считал, что скорость падения пропорциональна пройденному пути, т. е.

$$V = KS.$$

Впоследствии, однако, ему пришлось отказаться от этой гипотезы, так как она приводила к следствиям, ко-

торые не подтверждались на опыте. Поэтому вместо «ее он принял гипотезу, что скорость пропорциональна времени падения. Из этой гипотезы вытекает следствие: путь падающего тела пропорционален квадрату времени падения,— которое подтверждается результатами опыта.

Чтобы яснее проиллюстрировать ход рассуждений, которые скорее всего могли привести Галилея к его открытию, целесообразно рассмотреть следующий ряд последовательных гипотез. Исходной гипотезой, обладающей наибольшей логической силой¹, является предположение о том, что вблизи земной поверхности и при отсутствии сопротивления воздуха ускорение всех падающих тел представляет величину постоянную, т. е.

$$g = \frac{d^2s}{dt^2}.$$

Из этой гипотезы 1-го уровня, выраженной в форме дифференциального уравнения, интегрированием² получается гипотеза более низкого, 2-го уровня: скорости падающего тела пропорциональна времени падения.

$$v_t = \frac{ds}{dt} + v_0 = gt + v_0.$$

Наконец, дальнейшим интегрированием получается гипотеза следующего, третьего уровня: путь, пройденный падающим телом, пропорционален квадрату времени падения.

$$s_t = \frac{gt^2}{2} + s_0$$

Из последней гипотезы можно получить бесчисленное множество ее частных случаев, рассматривая путь за одну, две и т. д. секунды:

$$\begin{aligned} s_1 &= \frac{g}{2 \cdot 1} = 4,9 \text{ м,} \\ s_2 &= \frac{g}{2 \cdot 2^2} = 19,6 \text{ м,} \\ s_3 &= \frac{g}{2 \cdot 3^2} = 44,1 \text{ м.} \end{aligned}$$

¹ Гипотеза Г 1 считается логически сильнее гипотезы Г 2, если последняя вытекает из первой по правилам логики и математики.

² Отсутствие строгой теории дифференцирования и интегрирования по времени Галилея не могло служить препятствием для этого, так как многие производные и интегралы были найдены эмпирически.

Все эти утверждения будут иметь наинизший уровень абстрактности и поэтому их можно непосредственно проверить на опыте. Именно подтверждение таких эмпирически проверяемых следствий заставило Галилея поверить в свою гипотезу¹.

Последовательность рассмотренных нами гипотез представляет простейший пример гипотетико-дедуктивной системы. Каждая из последующих гипотез имеет более низкий уровень абстрактности, чем предыдущая. Любая предыдущая гипотеза обладает большей логической силой, чем последующая, которая может быть получена из нее по правилам логики и математики. Наконец, вся совокупность гипотез строится с таким расчетом, чтобы обеспечить проверку гипотез наиболее низкого уровня на опыте.

В сочинениях Галилея мы встречаем, как правило, простейшие фрагменты гипотетико-дедуктивных систем, которые содержат лишь несколько гипотез. Но такие системы не характерны для развитых наук, в которых оперируют с большим числом взаимосвязанных гипотез.

Обычно в качестве примера первой развитой гипотетико-дедуктивной системы приводят систему классической механики, созданную И. Ньютоном. В «Математических началах натуральной философии» он начинает изложение механики с определения таких ее основных понятий, как масса, количество движения, сила и инерция. Затем он формулирует три основных закона движения, которые характеризует как «начала принятые математиками и подтверждаемые многочисленными опытами»². Первый закон, который часто называют законом инерции, утверждает, что «всякое тело, продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерно-

¹ Как известно, сам Галилей в качестве исходной гипотезы рассматривал предположение о том, что скорость свободно падающего тела пропорциональна времени, тем не менее можно логически реконструировать его метод и взять за первоначальную гипотезу более сильное допущение о постоянстве ускорения всех падающих тел. Такое допущение будет иметь более общий характер, хотя оно и не соответствует фактической истории открытия закона свободного падения. Но логическая реконструкция и не претендует на повторение истории науки буквально. Она выявляет лишь общий путь развития научной мысли, по возможности в наиболее очищенном от случайностей виде.

² И. Ньютон. Математические начала натуральной философии. — «Известия Николаевской Морской Академии», вып. IV. Пг., 1915, стр. 46.

го и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние»¹. Второй закон устанавливает, что «изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует»². Математически этот закон можно выразить следующей формулой:

$$F = \frac{d(mv)}{dt}$$

Считая массу постоянной, ее можно вынести за знак производной и окончательно представить основной закон нерелятивистской механики в следующем виде:

$$F = \frac{mdv}{dt} = m \cdot a,$$

где a обозначает ускорение. Воспользовавшись формулой для силы, первый закон Ньютона можно выразить в следующем виде:

$$F = \frac{mdv}{dt} = 0; \quad \frac{dv}{dt} = a = 0.$$

(При отсутствии внешних сил тело обладает постоянной скоростью. При этом покой рассматривается как движение с нулевой скоростью.)

Третий закон Ньютона гласит, что «действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны»³.

$$-F_1 = F_2.$$

Из этих основных законов движения с помощью правил логики и математики в качестве следствий могут быть получены все основные результаты классической механики. Чтобы убедиться в этом, достаточно обратиться к любому солидному курсу теоретической механики⁴. В частности, рассмотренный выше закон свободного падения,

¹ И. Ньютон. Математические начала натуральной философии. «Известия Николаевской Морской академии», выи. IV, стр. 3S.

² Там же, стр. 37.

³ Там же, стр. 38.

⁴ Л. Зоммерфельд. Механика. М., 1947. Здесь автор значительное место уделяет анализу основных понятий, законов и принципов механики.

может быть выведен из первых двух законов Ньютона. Действительно, согласно второму закону движения, путь свободно падающего тела можно представить в виде следующего дифференциального уравнения:

или

$$\frac{m d^2 s}{dt^2} = m \cdot (-g)$$

$$\frac{d^2 s}{dt^2} = -g.$$

При соответствующем выборе постоянной интегрирования ($V_0=0$ и $t=0$) получим:

$$v_t = \frac{ds}{dt} = -gt$$

или

$$s_t = -\frac{gt^2}{2}$$

знак минус показывает, что ускорение силы тяжести направлено вниз, к центру Земли). Если добавить к трем законам движения закон всемирного тяготения, то из них аналогичным путем можно вывести все основные результаты небесной механики. Так, известные законы Кеплера могут быть получены в качестве следствий законов Ньютона..

Роль Ньютона в разработке классической механики в развитии гипотетико-дедуктивного метода трудно переоценить. Вплоть до создания релятивистской механики А. Эйнштейном основные принципы этой науки, выдвинутые Ньютоном, не претерпели существенных изменений. Подобно тому как «Начала» Евклида долгое время служили образцом аксиоматического изложения математических теорий, «Математические начала натуральной философии» Ньютона представляют первый, наиболее совершенный пример построения опытной науки с помощью гипотетико-дедуктивного метода. Академик С. И. Вавилов считает Ньютона основателем особого индуктивного метода, который он называет *методом принципов*. Суть этого метода Ньютон характеризует следующим образом: «Вывести два или три общих принципа движения из явлений и после этого изложить, каким образом свойства и действия всех телесных вещей вытекают из этих явных принципов, было бы очень важным шагом в философии, хотя бы причины этих принципов

и не были еще открыты»¹. Борясь против всевозможных умозрительных натурфилософских «скрытых качеств», Ньютон рассматривает исходные принципы науки как «общие законы природы, согласно которым образованы все вещи; истинность этих принципов становится очевидной из явлений природы...»².

Поскольку принципы устанавливаются путем исследования явлений природы, то в строгом смысле слова они представляют гипотезы. Их нельзя (получить из данных опыта и наблюдения путем логической дедукции. Именно поэтому Ньютон считает, что истинность основных законов механики, как и других принципов подтверждается «многочисленными опытами»³. Роль же логической дедукции сводится к получению эмпирически проверяемых следствий, на основе подтверждения которых мы судим об истинности наших принципов.

Метод принципов Ньютона оказал громадное воздействие на все последующее развитие теоретической физики. Влияние этого метода возрастает по мере того, как увеличивается дистанция между основными принципами науки и темп их следствиями, которые допускают опытную проверку. Как отмечает Эйнштейн, раньше многие ученые склонялись к мысли, что основные понятия и принципы физики могут быть получены из опытов с помощью процесса абстракции. «Ясное понимание неправоподобности такого представления, — пишет он, — фактически дала лишь общая теория относительности; она показала, что, опираясь на фундамент, значительно отличающийся от ньютоновского, можно объяснить соответствующий круг экспериментальных данных даже более удовлетворительным и полным образом, чем опираясь на фундамент, взятый Ньютоном»⁴. По мнению Эйнштейна, именно этот факт существования различных теоретических принципов, хорошо согласующихся с опытом, свидетельствует об умозрительном характере самих принципов. Результаты опыта — чувственные восприятия, замечает он, заданы нам. Теория же, которая интерпретирует и объясняет их, создается человеком. Эта тсо-

рия, указывает Эйнштейн, является «...результатом исключительно трудоемкого процесса приспособления: гипотетического, никогда окончательно не законченного, постоянно подверженного спорам и сомнениям»¹.

Ценность любой теоретической системы опытного знания состоит прежде всего в том, насколько она позволяет получать логические следствия, доступные опытной проверке. Отсюда ясно, что и в опытных науках, иногда ошибочно именуемых индуктивными, дедукция служит важнейшим средством унификации результатов эмпирического исследования, объединения их в рамках единой теоретической системы. По отношению к физике эта роль дедукции хорошо подчеркнута в известной речи Л. Эйнштейна «О методе теоретической физики»: «Закопченная система теоретической физики состоит из понятий, основных принципов, относящихся к этим понятиям, и следствий, выведенных из них путем логической дедукции. Именно эти следствия должны соответствовать отдельным нашим опытам; их логический вывод занимает в теоретическом труде почти все страницы»².

3. Математическая гипотеза

По своей логической структуре математическая гипотеза представляет разновидность гипотетико-дедуктивного 'Метода. Однако до сих пор мы рассматривали этот метод как способ организации опытного знания, т. е. объединения различных эмпирических обобщений, гипотез, законов и принципов в рамках гипотетико-дедуктивных систем. Кроме такой систематизирующей функции гипотетико-дедуктивный метод имеет и большое эвристическое значение. С особой силой эта роль проявляется в науках, широко использующих математические методы исследования и обработки данных.

Сущность математической гипотезы и область ее применения. Одной из наиболее распространенных форм выражения количественных зависимостей между различными величинами являются математические уравнения. Если мы попытаемся так или иначе изменить данное Уравнение, то из него можно получить целый ряд новых

¹ Цит. по: С. И. Вавилов. Собр. соч., т. III. М., 1956, стр. 209.

² Цит. по: З. А. Цейтлин. Наука и гипотеза. М.—Л., 1926, стр. 5.

³ И. Ньютон. Математические начала натуральной философии. — «Известия Николаевской Морской Академии», вып. IV, стр. 46.

⁴ Э. Эйнштейн. Физика и реальность. М., 1965, стр. 63.

¹ А. Эйнштейн. Физика и реальность, стр. 67.

² Там же, стр. 62.

следствий, которые могут оказаться или совпадающими с экспериментом, или противоречащими ему. По этим следствиям мы можем судить о правильности первоначального нашего предположения или гипотезы, сформулированной в виде некоторого уравнения. При этом, конечно, подразумевается, что исходное уравнение, которое затем подверглось изменению, описывает определенную зависимость между реальными величинами.

Академик С. И. Вавилов, впервые в нашей литературе поставивший вопрос о математической гипотезе, следующим образом характеризует ее сущность: «Положим, что из опыта известно, что изученное явление зависит от ряда переменных и постоянных величин, связанных между собой приближенно некоторым уравнением. Довольно произвольно видоизменяя, обобщая это уравнение, можно получить другие соотношения между переменными. В этом и состоит математическая гипотеза, или экстраполяция. Она приводит к выражениям, совпадающим или расходящимся с опытом, и соответственно этому применяется дальше или отбрасывается»¹.

В качестве примера математических гипотез можно указать на такие фундаментальные гипотезы, с помощью которых была создана квантовая механика. Известно, что М. Бори и В. Гейзенберг взяли за основу канонические уравнения Гамильтона для классической механики, предположив, что их математическая форма должна остаться той же самой и для атомных частиц. Но вместо обычных чисел они ввели в эти уравнения величины иной природы—матрицы. Так возник матричный вариант квантовой механики. В отличие от них Э. Шредингер в качестве исходного взял волновое уравнение классической физики, но стал иначе интерпретировать его члены. В этих целях он использовал известную в то время гипотезу Луи де Бройля о том, что всякой материальной частице соответствует некоторый волновой процесс. Благодаря такой новой интерпретации возник волновой вариант квантовой механики. Впоследствии удалось установить эквивалентность матричного и волнового вариантов. Рассматривая способ, с помощью которого был получен формализм квантовой механики, П. Дирак отмечает, что обобщение классических уравнений физики

¹ С. И. Вавилов. Собр. соч., т. III, стр. 79.

«Настолько естественно и изящно, что создается чувство уверенности в правильности теории»¹.

Из приведенных примеров видно, что проблематический момент в методе математической гипотезы состоит в том, что некоторую закономерность, выраженную в виде определенного математического уравнения, переносят с известной области явлений на неизвестную. Всякий же перенос отношений, свойств или закономерностей с исследованной области явлений на другие, неизвестные явления представляет типичный случай неполной, или проблематической, индукции, посредством которой и происходит главным образом расширение знания в опытных науках. Не случайно поэтому математическую гипотезу называют также математической экстраполяцией. Разумеется, что подобный перенос всегда сопровождается некоторой модификацией первоначального уравнения. И. В. Кузнецов в статье «О математической гипотезе»² указывает на четыре основных способа такой модификации: (1) изменяется тип, общий вид уравнения; (2) в уравнение подставляются величины иной природы; (3) изменяются и тип уравнения и тип величин; (4) изменяются граничные, предельные условия. Соответственно способу модификации можно анализировать различные конкретные примеры математических гипотез, которые встречаются в истории теоретического естествознания и прежде всего в физике.

Когда говорят об экстраполяции некоторой закономерности с помощью математической гипотезы, то всегда имеют в виду экстраполяцию определенной математической зависимости, выражается ли она с помощью формулы, уравнения или как-либо иначе. Поэтому нам кажется целесообразным так расширить понятие о математической гипотезе, чтобы оно охватывало любые типы отношений, которые изучаются в математике.

Наиболее подходящей для этой цели является концепция математической структуры³, так как с современной точки зрения математику можно рассматривать

¹ P. Dirac. The Physical Interpretation of Quantum Mechanics.— «Proc. Roy. Soc», 180, 1, 1942, p. 1.

² См. И. В. Кузнецов. О математической гипотезе. — «Вопросы философии», 1962, № 10.

³ См. А. И. Головин. Математическая гипотеза и ее роль в построении научной теории. — «Философские науки», 1968, № 1, стр. 54—55.

следствий, которые могут оказаться или совпадающими с экспериментом, или противоречащими ему. По этим следствиям мы можем судить о правильности первоначального нашего предположения или гипотезы, сформулированной в виде некоторого уравнения. При этом, конечно, подразумевается, что исходное уравнение, которое затем подверглось изменению, описывает определенную зависимость между реальными величинами.

Академик С. И. Вавилов, впервые в нашей литературе поставивший вопрос о математической гипотезе, следующим образом характеризует ее сущность: «Положим, что из опыта известно, что изученное явление зависит от ряда переменных и постоянных величин, связанных между собой приближенно некоторым уравнением. Довольно произвольно видоизменяя, обобщая это уравнение, можно получить другие соотношения между переменными. В этом и состоит математическая гипотеза, или экстраполяция. Она приводит к выражениям, совпадающим или расходящимся с опытом, и соответственно этому применяется дальше или отбрасывается»¹.

В качестве примера математических гипотез можно указать на такие фундаментальные гипотезы, с помощью которых была создана квантовая механика. Известно, что М. Бори и В. Гейзенберг взяли за основу канонические уравнения Гамильтона для классической механики, предположив, что их математическая форма должна остаться той же самой и для атомных частиц. Но вместо обычных чисел они ввели в эти уравнения величины иной природы — матрицы. Так возник матричный вариант квантовой механики. В отличие от них Э. Шредингер в качестве исходного взял волновое уравнение классической физики, но стал иначе интерпретировать его члены. В этих целях он использовал известную в то время гипотезу Луи де Бройля о том, что всякой материальной частице соответствует некоторый волновой процесс. Благодаря такой новой интерпретации возник волновой вариант квантовой механики. Впоследствии удалось установить эквивалентность матричного и волнового вариантов. Рассматривая способ, с помощью которого был получен формализм квантовой механики, П. Дирак отмечает, что обобщение классических уравнений физики

¹ С. И. Вавилов. Собр. соч., т. III, стр. 79.

«настолько естественно и изящно, что создается чувство уверенности в правильности теории»¹.

Из приведенных примеров видно, что проблематический момент в методе математической гипотезы состоит в том, что некоторую закономерность, выраженную в виде определенного математического уравнения, переносят с известной области явлений на неизвестную. Всякий же перенос отношений, свойств или закономерностей с исследованной области явлений на другие, неизвестные явления представляет типичный случай неполной, или проблематической, индукции, посредством которой и происходит главным образом расширение знания в опытных науках. Не случайно поэтому математическую гипотезу называют также математической экстраполяцией. Разумеется, что подобный перенос всегда сопровождается некоторой модификацией первоначального уравнения. И. В. Кузнецов в статье «О математической гипотезе»² указывает на четыре основных способа такой модификации: (1) изменяется тип, общий вид уравнения; (2) в уравнение подставляются величины иной природы; (3) изменяются и тип уравнения и тип величин; (4) изменяются граничные, предельные условия. Соответственно способу модификации можно анализировать различные конкретные примеры математических гипотез, которые встречаются в истории теоретического естествознания и прежде всего в физике.

Когда говорят об экстраполяции некоторой закономерности с помощью математической гипотезы, то всегда имеют в виду экстраполяцию определенной математической зависимости, выражается ли она с помощью формулы, уравнения или как-либо иначе. Поэтому нам кажется целесообразным так расширить понятие о математической гипотезе, чтобы оно охватывало любые типы отношений, которые изучаются в математике.

Наиболее подходящей для этой цели является концепция математической структуры³, так как с современной точки зрения математику можно рассматривать

¹ P. Dirac. The Physical Interpretation of Quantum Mechanics.— «Proc. Roy. Soc», 180, 1, 1942, p. 1.

² См. И. В. Кузнецов. О математической гипотезе. — «Вопросы философии», 1962, № 10.

³ См. А. И. Головин. Математическая гипотеза и ее роль в построении научной теории. — «Философские науки», 1968, № 1, стр. 54—55.

«как скопление абстрактных форм — математических структур»¹. Для характеристики таких структур важно, во-первых, указать одно или несколько отношений, в которых находятся ее элементы; во-вторых, точно сформулировать в аксиомах те требования, которым должны удовлетворять эти отношения. Конкретная природа самих элементов, специфический характер отношений, в которых они находятся, не существенны для математического исследования. С такой более общей точки зрения математическую гипотезу можно определить как экстраполяцию определенной математической структуры с изученной области явлений на новую, неизученную. Иногда вместо структуры предпочитают говорить, в особенности физики, о математическом формализме. Хотя наиболее распространенной формой представления абстрактных математических структур в теоретическом естествознании обычно являются различные типы уравнений и их систем, тем не менее в принципе допустимо использование и других структур, в частности теоретико-групповых и теоретико-множественных.

Переноса определенную математическую гипотезу на неисследованную область явлений, мы по сути дела выдвигаем гипотезу о том, что эта структура будет сохраняться и в новой области. Чтобы убедиться в справедливости нашего предположения, важно вывести из гипотезы все необходимые следствия, в том числе такие, которые можно проверить экспериментально. Для этого требуется определенным образом интерпретировать как следствия, так и саму гипотезу. Однако именно такая интерпретация составляет едва ли не самую трудную часть исследования. «Легче открыть математическую форму, необходимую для какой-нибудь основной физической теории,— пишет П. Дирак,— чем ее интерпретацию»². Основная причина этого состоит в том, что число возможных абстрактных математических структур заведомо меньше числа различных конкретных интерпретаций, которые могут иметь такие структуры. Это вполне понятно, поскольку каждая математическая структура представляет абстракцию от самых различных по содержанию реальных систем. Поэтому, отмечает Дирак,

число основных идей, среди которых происходит выбор, в чистой математике ограничено, в то время как при физической интерпретации могут обнаружиться чрезвычайно неожиданные вещи.

Таким образом, гипотеза о возможной математической структуре изучаемых явлений служит чрезвычайно ценным *эвристическим* средством в руках исследователя. Она открывает возможность для целенаправленных поисков необходимой интерпретации, а затем и построения теории исследуемых явлений. На примере математической гипотезы можно показать, как существенно изменилась роль математики в современной науке вообще и в естествознании в особенности. Если раньше математические методы использовались преимущественно для обработки данных наблюдения и эксперимента, а затем установления функциональной связи между исследуемыми величинами процесса, то теперь ее абстрактные структуры нередко применяются для поисков конкретных естественнонаучных закономерностей. Другими словами, если раньше математика обеспечивала естествознание методами для количественной обработки изучаемых явлений и оформления его теорий, то теперь она помогает также находить закономерности, которыми управляются эти явления, и тем самым способствует построению его теорий.

Эта эвристическая функция современной математики особенно ярко проявляется в широком использовании аксиоматического метода и опирающихся на него математических структур. Если ученый убеждается в том, что исследуемые им отношения удовлетворяют аксиомам некоторой математической структуры, то он может сразу же воспользоваться всеми теоремами, которые из них логически вытекают. Однако главная трудность здесь, как мы видели, состоит в том, чтобы верно угадать математическую структуру. Фактически исследователь очень редко располагает готовой интерпретацией имеющейся в его распоряжении математической структуры. Поэтому поиски как самой структуры, так и ее интерпретации ведутся по тем следствиям, которые вытекают из предполагаемых структур. Именно здесь и проявляется весьма важная роль математической гипотезы как эвристического средства исследования.

Наибольшее применение метод математической гипотезы в настоящее время находит в теоретической физике.

¹ Н. Бурбаки. Очерки по истории математики. М., 1965, стр. 258.

² P. Dime. The Physical Interpretation of Quantum Mechanics, p. 3.

И это не случайно. Если классическая физика оперировала наглядными модельными представлениями, то в современной физике для такой наглядной интерпретации часто недостаточно привычных образов. Действительно, мы можем наглядно представить и материальные частицы, и волны классической физики, но трудно составить наглядный образ микрочастицы, которая объединяла бы в себе свойства и корпускул и волн. Ведь в нашем обычном представлении корпускулы и волны выступают как полярные противоположности. Иначе говоря, по мере того как в сферу нашего познания попадают явления микро- и мегамира, для их представления у нас нет наглядных образов. Поэтому, чтобы исследовать закономерности микроявлений или процессов, совершающихся в мегамире, приходится отказываться от привычных наглядных представлений и обращаться к абстрактным методам современной математики. Пример современной физики показывает, насколько эффективным является такой метод. Математическая гипотеза, основанная на экстраполяции абстрактных математических структур на новые области познания, служит одним из действенных методов логико-математического исследования.

Некоторые принципы отбора математических гипотез. Чтобы убедиться в обоснованности гипотезы, необходимо, как уже отмечалось, получить из нее следствия и проверить их на опыте. Существуют ли какие-либо другие приемы и принципы, с помощью которых можно выдвигать или, по крайней мере, отбирать гипотезы, отказываться от гипотез явно ненадежных? Поскольку гипотеза логически не вытекает из данных опыта, то бессмысленно пытаться искать какие-то логические каноны, с помощью которых можно безошибочно создавать новые гипотезы в науке. Задача логики здесь чисто критическая. Формирование новых гипотез — творческий процесс, его нельзя уложить в заданные схемы. Тем не менее было бы ошибкой рассматривать этот процесс как иррациональный.

Обобщая многовековой опыт научного познания, исследователи накопили большой ценный материал, относящийся как к психологии, так и методологии научного познания. В различных науках этот опыт выступает в виде некоторых предварительных, эвристических принципов, с которыми ученые так или иначе должны считаться при выборе гипотез. Поскольку математические гипотезы наибольшее применение находят в теоретиче-

ской физике, то в дальнейшем мы будем говорить о принципах отбора гипотез именно в данной науке.

Многие исследователи отмечают, что выдвижение математических гипотез в теоретической физике в известной мере регулируется некоторыми принципами физического и методологического характера, которые ограничивают свободу выбора. К числу таких принципов отбора обычно относят законы сохранения (заряда, массы, энергии и т. д.), принцип ковариантности уравнений при определенных преобразованиях, в особенности принцип соответствия¹. Роль всех этих принципов достаточно убедительно продемонстрирована в процессе создания основных теорий современной физики.

Руководствуясь идеей о единстве материи и взаимосвязи различных форм ее существования, физик, естественно, будет рассчитывать, что такие фундаментальные законы и принципы, как законы сохранения и принцип ковариантности уравнений, будут иметь место и во вновь создаваемой теории. Что касается принципа соответствия, то его эвристическое значение достаточно ясно. Действительно, если существует преемственность в развитии теории, то при обобщении и развитии ее понятий и принципов вполне разумно требовать, чтобы уравнения старой теории могли быть получены из новой в качестве некоторого предельного или частного случая. Такое соответствие действительно обнаруживается между классической механикой и теорией относительности, с одной стороны, классической и квантовой механикой — с другой. Это обстоятельство в значительной мере учитывалось творцами новых физических теорий, хотя в явном виде сам принцип соответствия был впервые сформулирован лишь Н. Бором.

Кроме чисто физических принципов отбора подходящих математических гипотез существуют и другие эвристические принципы, которые с успехом могут быть использованы при отборе любых научных гипотез. Мы отметим здесь только принципы простоты и математического изящества уравнений, с помощью которых выражаются те или иные гипотезы. П. Дирак настолько высоко ценит последний принцип, что считает матема-

¹ См. И. В. Кузнецов. О математической гипотезе. — «Вопросы философии», 1962, № 10; С. И. Вавилов. Собр. соч., т. III, стр. 79—80; P-Dirac. The Physical Interpretation of Quantum Mechanics.

тическую красоту (важнейшим регулятивным критерием отбора гипотез и теорий. Требование, чтобы гипотеза могла быть исследована существующими логико-математическими методами, настолько сильно довлеет над исследователем, что часто он предпочитает строить менее сильные гипотезы, лишь бы получить возможность применить к ним известный математический аппарат. Без этого оказывается невозможным получить из гипотезы следствия, которые можно было проверить на опыте.

Когда говорят о простоте гипотез, то имеют в виду прежде всего не онтологический, а теоретико-познавательный и методологический аспекты. Речь здесь должна идти скорее о простоте знаковых, или семиотических, систем, с помощью которых выражается та или иная гипотеза. Само понятие простоты можно рассматривать с трех точек зрения. *Синтаксическое* представление о простоте связано со стройностью, согласованностью различных компонентов гипотезы. При прочих равных условиях мы всегда предпочтем выбрать гипотезу, которая синтаксически будет проще, так как ее легче исследовать существующими логико-математическими методами. *Семантическая* концепция простоты существенным образом зависит от возможности эмпирической интерпретации гипотезы. *Прагматическая* простота связана с практическими соображениями по разработке и проверке гипотезы. Как правило, ученый предпочитает иметь дело с гипотезой, которая легче поддается математической разработке, так как в этом случае из нее можно получить точные количественные следствия. Учитывая необходимость экспериментальной проверки гипотез, ученый часто выбирает ту из них, проверку следствий из которой можно осуществить с помощью более простого эксперимента.

В практической работе исследователь нередко может столкнуться с ситуацией, в которой соображения простоты одного вида могут противоречить соображениям простоты другого вида. В этих, как и во всех других случаях, основным регулятором отбора будут выступать соображения, касающиеся основной функции гипотезы: чтобы она могла объяснить те опыты и наблюдения, из анализа и обобщения которых возникла. Никакая простота или ложно понятая «экономия мышления» в духе Э. Маха сама по себе не в состоянии гарантировать надежность гипотезы.

4. Требования, предъявляемые к научным гипотезам

Прежде чем гипотеза станет правдоподобным предположением, она обязана пройти стадию предварительной проверки и обоснования. Такое обоснование должно быть как теоретическим, так и эмпирическим, поскольку любая гипотеза в опытных науках опирается на все предшествующее знание и строится в соответствии с имеющимися фактами. Однако сами факты, или эмпирические данные, не определяют гипотезу: для объяснения одних и тех же фактов можно предложить множество различных гипотез. Чтобы отобрать из этого множества те гипотезы, которые ученый может подвергнуть дальнейшему анализу, необходимо наложить на них ряд требований, выполнение которых будет свидетельствовать о том, что они не являются чисто произвольными предположениями, а представляют научные гипотезы. Это, конечно, не означает, что такие гипотезы непременно окажутся истинными или даже очень вероятными. Окончательным критерием их истинности служит опыт, практика. Но предварительная стадия обоснования необходима для того, чтобы отсеять заведомо неприемлемые, крайне маловероятные гипотезы¹.

Вопрос о критериях обоснования гипотез самым тесным образом связан с философской позицией ученых. Так, представители эмпиризма настаивают, чтобы всякая гипотеза опиралась на непосредственные данные опыта. Защитники рационализма склонны подчеркивать в первую очередь необходимость связи новой гипотезы с имеющимся теоретическим знанием (более ранние представители рационализма требовали согласия гипотезы с законами, или принципами, разума).

С позиций марксистского принципа единства эмпирического и рационального моментов в познании обе эти точки зрения являются односторонними. Как показывает история науки, они не исключают, а скорей дополняют друг друга.

Эмпирическая проверяемость. Требование эмпирической проверяемости является одним из тех критериев,

¹ См. П. В. Копнин. Гипотеза и познание действительности. Киев, 1962, стр. 126—138; Л. Б. Баженов. Современная научная гипотеза.— «Материалистическая диалектика и методы естественных наук». М., 1968.

которые дают возможность исключать из опытных наук всякого рода спекулятивные предположения, незрелые обобщения, произвольные догадки. Но можно ли требовать *непосредственной* проверки любой гипотезы?

В науке редко бывает, чтобы любая гипотеза оказывалась непосредственно проверяемой данными опыта. От гипотезы до опытной проверки существует значительная дистанция: чем глубже по своему содержанию гипотеза, тем больше эта дистанция.

Гипотезы в науке, как правило, существуют не обособленно друг от друга, а объединены в определенную теоретическую систему. В такой системе встречаются гипотезы разного уровня общности и логической силы. На примере гипотетико-дедуктивных систем классической механики мы убедились, что в них не каждая гипотеза допускает эмпирическую проверку. Так, в системе гипотез, законов и принципов классической механики принцип инерции (всякое тело остается в покое или движется прямолинейно с постоянной скоростью, если оно не подвержено действию внешних сил) нельзя проверить ни в каком реальном опыте, ибо фактически невозможно полностью абстрагироваться от действия *всех* внешних сил, таких, как силы трения, сопротивления воздуха и т. д. Так же обстоит дело со многими другими гипотезами, входящими в состав определенной научной теории. Поэтому о правдоподобии таких гипотез мы можем судить лишь косвенно, через непосредственную проверку тех следствий, которые вытекают из этих гипотез. Кроме того, во всякой теории существуют промежуточные гипотезы, которые связывают эмпирически непроверяемые гипотезы с проверяемыми. Такие гипотезы не нуждаются в проверке, ибо они играют в теории вспомогательную роль.

Сложность проблемы проверки гипотез проистекает также из того, что в реальном научном знании, в частности в теориях, одни гипотезы зависят от других, подтверждение одних гипотез служит косвенным свидетельством правдоподобия других, с которыми они связаны логическим отношением. Поэтому тот же принцип инерции механики подтверждается не только теми эмпирически проверяемыми следствиями, которые из него вытекают непосредственно, но также следствиями других гипотез и законов. Именно поэтому принципы опытных наук настолько хорошо подтверждаются наблюде-

ниями и экспериментом, что их считают практически достоверными истинами, хотя они и не обладают характером той необходимости, которая присуща аналитическим истинам. В естествознании часто в качестве принципов выступают наиболее фундаментальные законы науки; например, в механике такими принципами служат основные законы движения, сформулированные Ньютоном. Наконец, нельзя не отметить, что проверка многих гипотез, сформулированных с помощью абстрактного языка современной математики, требует поисков соответствующей реальной интерпретации математического формализма, а это, как было показано на примере математических гипотез теоретической физики, оказывается весьма сложной задачей;

В связи с проблемой эмпирической проверяемости гипотез встает вопрос о тех критериях, которыми ученые должны руководствоваться при их оценке. Этот вопрос составляет часть более общего вопроса о критериях всех суждений науки вообще. Ранние позитивисты считали научными только те понятия, гипотезы и теории, которые сводятся непосредственно к данным чувственного опыта, причем сам чувственный опыт трактовался ими субъективно. Сторонники неопозитивизма, и прежде всего участники Венского кружка, в качестве такого критерия вначале выдвинули принцип *верифицируемое*, т. е. проверки утверждений, гипотез и теорий эмпирических наук на истинность. Однако на опыте мы можем верифицировать только единичные утверждения. Для науки же наиболее ценными и важными являются как раз утверждения общего характера, сформулированные в виде гипотез, обобщений, законов и принципов. Такого рода утверждения не могут быть окончательно верифицированы, поскольку большинство из них охватывает бесконечное множество частных случаев. Поэтому принцип верифицируемости, выдвинутый неопозитивистами, подвергся критике не только со стороны представителей конкретных наук, но и многих философов, как советских¹, так и зарубежных. С резкой критикой этого принципа выступил Карл Поппер, предложивший вместо него критерий опровержимости или фальсифицируемости. «...*Не*

¹См. *И. С. Нарский*. Очерки по истории позитивизма. М, 1960; *В. С. Швырев*. Неопозитивизм и проблемы эмпирического обоснования науки. М, 1966 и др.

верифицируемость, а фальсифицируемость системы должна быть взята, — писал он, — в качестве критерия демаркации (научных гипотез и теорий от ненаучных.—*Авт.*)»¹ С точки зрения Поппера, только принципиальная возможность опровержения гипотез и теоретических систем делает их ценными для науки, тогда как любое число подтверждений не гарантирует их истинности. В самом деле, любой противоречащий гипотезе случай опровергает ее, в то время как всякое число подтверждений оставляет вопрос о гипотезе открытым. В этом проявляется *асимметрия* между подтверждением и опровержением, впервые ясно сформулированная еще Ф. Бэконом. Однако без некоторого числа подтверждений гипотезы у исследователя не может быть уверенности в ее правдоподобии. Принципиальная возможность опровержимости гипотезы служит противовесом против догматизма, наталкивает мысль исследователя на поиски таких фактов и явлений, которые не подтверждают ту или иную гипотезу или теорию, тем самым устанавливает границы их применимости. В настоящее время большинство специалистов по методологии науки считает критерий подтверждения необходимым и достаточным, чтобы судить о научности гипотезы с точки зрения ее эмпирического обоснования.

Теоретическое обоснование гипотезы. Каждая гипотеза в науке возникает на основе имеющихся теоретических представлений и некоторых твердо установленных фактов. Сопоставление гипотезы с фактами составляет задачу ее эмпирического обоснования. Теоретическое обоснование связано с учетом и использованием всего накопленного предшествующего знания, которое имеет непосредственное отношение к гипотезе. В этом проявляется преемственность в развитии научного знания, его обогащение и расширение.

Прежде чем подвергнуть гипотезу эмпирической проверке, необходимо убедиться, что она является достаточно разумным предположением, а не скороспелой догадкой. Одним из способов такой проверки служит теоретическое обоснование гипотезы. Наилучшим способом такого обоснования служит включение гипотезы в некоторую теоретическую систему. Если будет установлена

логическая связь исследуемой гипотезы с гипотезами какой-либо теории, то тем самым будет продемонстрировано правдоподобие такой гипотезы. Как мы уже отмечали, в данном случае она будет подтверждаться не только непосредственно относящимися к ней эмпирическими данными, но и данными, подтверждающими другие гипотезы, логически связанные с исследуемой.

Однако во многих практических случаях приходится довольствоваться тем, чтобы гипотезы находились в соответствии с установленными принципами и законами той или иной области науки. Так, при разработке физических гипотез предполагается, что они не противоречат основным законам физики, таким, как закон сохранения энергии, заряда, момента количества движения и т. д. Поэтому физик вряд ли серьезно отнесется к гипотезе, в которой допускается возможность осуществления вечного движения. Однако слишком поспешное следование установившимся теоретическим представлениям чревато и опасностью: оно может задержать обсуждение и проверку новых, революционизирующих науку, гипотез и теорий. Наука знает немало таких примеров: долгое непризнание в математике неевклидовой геометрии, в физике — теории относительности А. Эйнштейна и т. д.

Логическое обоснование гипотезы. Требование логической состоятельности гипотезы сводится прежде всего к тому, чтобы гипотеза не была формально противоречивой, ибо в таком случае из нее следует как истинное, так и ложное утверждение и такую гипотезу невозможно подвергнуть эмпирической проверке. Для эмпирических наук не представляют какой-либо ценности и так называемые тавтологические высказывания, то есть высказывания, остающиеся истинными при любых значениях их компонентов. Эти высказывания хотя и играют существенную роль в современной формальной логике, но не расширяют нашего эмпирического знания и поэтому не могут выступать в роли гипотез в эмпирических науках. Итак, гипотезы, выдвигаемые в опытных науках, должны избегать двух крайностей: во-первых, они не должны быть формально противоречивыми и, во-вторых, они обязаны расширять наше знание, и поэтому их скорее следует отнести к *синтетическому*, чем *аналитическому* знанию. Последнее требование нуждается, однако, в уточнении. Как уже отмечалось, наилучшее обоснование гипотезы состоит в том, чтобы она входила в рамки

¹ К. R. Popper. The Logic of Scientific Discovery, p. 40.

некоторой теоретической системы, т. е. могла бы быть логически выведена из совокупности некоторых других гипотез, законов и принципов теории, в состав которой ее пытаются включить. Однако это будет свидетельствовать скорее об аналитической природе рассматриваемой гипотезы, чем об ее синтетическом происхождении. Не возникает ли здесь логического противоречия? На наш взгляд, не возникает, ибо требование синтетического характера гипотезы относится к эмпирическим данным, на которых она строится. Аналитический же характер гипотезы проявляется в ее отношении к предшествующему, известному, готовому знанию. Гипотеза должна максимально учитывать весь относящийся к ней теоретический материал, который по сути дела представляет собой обработанный и аккумулированный прошлый опыт. Поэтому требования аналитичности и синтетичности гипотезы отнюдь не исключают друг друга, поскольку в них выражается необходимость теоретического и эмпирического обоснования гипотезы.

Информативность гипотезы. Понятие информативности гипотезы характеризует ее способность объяснить соответствующий круг явлений действительности. Чем шире этот круг, тем большей информативностью она обладает. Вначале гипотеза создается для объяснения некоторых фактов, которые не укладываются в существующие теоретические представления. Впоследствии она помогает объяснить другие факты, которые без нее было бы трудно или даже невозможно обнаружить. Замечательным примером такой гипотезы является предположение о существовании *квантов* энергии, выдвинутое в начале XX века М. Планком. Первоначально эта гипотеза преследовала довольно ограниченную цель — объяснить особенности излучения абсолютно черного тела. Как уже отмечалось, вначале Планк вынужден был ввести ее в качестве рабочего предположения, так как не хотел порывать со старыми, классическими представлениями о непрерывности физических процессов. Через пять лет А. Эйнштейн использовал эту гипотезу для объяснения закономерностей фотоэффекта, а позднее Н. Бор с ее помощью построил теорию атома водорода. В настоящее время квантовая гипотеза стала теорией, которая лежит в фундаменте современной физики. Этот пример весьма поучителен: он показывает, насколько подлинно -научная гипотеза выходит за пределы той

информации, которую ученый получает непосредственно из анализа эксперимента. Если бы гипотеза выражала простую сумму эмпирической информации, она в лучшем случае годилась бы для объяснения каких-то конкретных явлений. Возможность предсказания новых явлений свидетельствует о том, что гипотеза содержит дополнительное количество информации¹, ценность которой раскрывается в процессе разработки гипотезы, в ходе превращения вероятного знания в достоверное.

Информативность гипотезы тесно связана с ее логической силой: из двух гипотез логически сильнее та, из которой дедуктивно следует другая. Например, из исходных принципов классической механики с помощью дополнительной информации можно логически вывести все остальные гипотезы, которые первоначально могли быть установлены независимо от них. (Исходные принципы, аксиомы, основные законы любой научной дисциплины будут логически сильнее всех остальных ее гипотез, законов и утверждений, поскольку они служат посылками логического вывода в рамках соответствующей теоретической системы. Вот почему поиски таких принципов и гипотез составляют труднейшую часть научного исследования, которая не поддается логической формализации.

Предсказательная сила гипотезы. Предсказания новых фактов и явлений, которые вытекают из гипотезы, играют существенную роль в ее обосновании. Все сколько-нибудь важные гипотезы в науке ставят своей целью не только объяснить факты известные, но и предсказать новые факты. Галилей с помощью своей гипотезы смог не только объяснить особенности движения тел вблизи земной поверхности, но и предсказать, какова будет траектория тела, брошенного под некоторым углом к горизонту. Во всех случаях, когда гипотеза позволяет объяснить и предсказать неизвестные, а порой и совершенно неожиданные явления, наше доверие к ней заметно возрастает.

Нередко для объяснения одних и тех же эмпирических фактов можно предложить несколько различных гипотез. Поскольку все эти гипотезы должны согласовываться с имеющимися данными, то возникает настоятельная

¹ См. Л. Бриллюэн. Научная неопределенность и информация. М., 1966, стр. 43—55.

необходимость выведения из них эмпирически проверяемых следствий. Такие следствия представляют не что иное, как предсказания, на основе которых обычно и элиминируют гипотезы, которым недостает необходимой общности. На самом деле, всякий случай предсказания, который противоречит действительности, служит опровержением гипотезы. С другой стороны, всякое новое подтверждение гипотезы увеличивает ее вероятность. При этом, чем больше предсказанный случай отличается от случаев уже известных, тем больше возрастает правдоподобие гипотезы.

Предсказательная сила гипотезы в существенной степени зависит от ее логической силы: чем больше следствий можно вывести из гипотезы, тем большими возможностями предсказания она обладает. При этом предполагается, что такие следствия будут эмпирически проверяемыми. В противном случае мы лишаемся возможности судить о предсказаниях гипотезы. Поэтому обычно и вводят специальное требование, характеризующее предсказательную силу гипотезы, а не ограничиваются только ее информативностью.

Перечисленные требования являются основными, с которыми так или иначе должен считаться исследователь в процессе построения и формулирования гипотез. Разумеется, эти требования могут и должны дополняться рядом других специальных требований, в которых обобщается опыт построения гипотез в тех или иных конкретных областях научного исследования. На примере математической гипотезы было показано, какое значение для теоретической физики имеют, например, принципы соответствия и ковариантности. Однако такого рода принципы и соображения играют скорее эвристическую, чем детерминирующую роль. То же самое следует сказать о принципе простоты, который нередко фигурирует как одно из обязательных требований при выдвижении гипотезы. Например, Л. Б. Баженов в интересной статье «Современная научная гипотеза» в качестве одного из условий состоятельности гипотезы выдвигает «*требование ее принципиальной (логической) простоты*»¹. Требование простоты существенно отличается от других рассматриваемых им требований, таких, как эмпириче-

ская проверяемость, предсказуемость, возможность выведения следствий и т. д. Возникает два вопроса: (1) Когда исследователь обращается к критерию простоты при выдвижении гипотез? (2) О какой простоте гипотез может идти речь при их выдвижении?

Пользоваться критерием простоты можно лишь, в том случае, когда исследователь уже располагает некоторым количеством гипотез. В противном случае бессмысленно говорить об отборе. Кроме того, исследователь должен провести предварительную работу по обоснованию имеющихся в его распоряжении гипотез, то есть оценить их с точки зрения тех требований, которые мы уже рассмотрели. А это означает, что критерий простоты является скорее эвристическим, чем строго обязательным требованием. Во всяком случае, обоснование гипотез никогда не начинается с их простоты. Правда, при прочих *равных* условиях исследователь предпочитает выбрать гипотезу, которая проще других по своей форме. Однако такой выбор делается уже после довольно сложной и кропотливой работы по предварительному обоснованию гипотезы. Что же следует понимать под простотой гипотезы? Нередко простота теоретического знания отождествляется с привычностью его представления, возможностью использования наглядных образов. С этой точки зрения геоцентрическая гипотеза Птолемея будет проще гелиоцентрической гипотезы Коперника, так как она находится ближе к нашим повседневным представлениям: нам кажется, что движется Солнце, а не Земля. В действительности гипотеза Птолемея ложная. Для объяснения попятных движений планет Птолемей вынужден был настолько усложнить свою гипотезу, что впечатление об ее искусственности становилось все более очевидным. Наоборот, гипотеза Коперника хотя и противоречила житейским представлениям о движении небесных тел, логически проще объясняла эти движения, исходя из центрального положения Солнца в нашей планетной системе. В результате искусственные построения и произвольные допущения, которые выдвигались Птолемеем и его последователями, были отброшены. Этот пример из истории науки ясно показывает, что логическая простота гипотезы или теории неразрывно связана с их истинностью.

Чем глубже по содержанию и шире по объему гипотеза или теория, тем логически проще оказываются их

¹ «Материалистическая диалектика и методы естественных наук». М., 1968, стр. 305.

исходные положения. Причем под простотой здесь опять* таки имеется в виду необходимость, общность и естественность исходных допущений, отсутствие в них произвола, искусственности. Исходные допущения теории относительности логически проще допущений классической механики Ньютона с его представлениями об абсолютном пространстве и движении, хотя овладеть теорией относительности значительно труднее, чем классической механикой, ибо теория относительности опирается на более тонкие методы рассуждений и гораздо более сложный и абстрактный математический аппарат. То же самое можно сказать о квантовой механике. Во всех этих случаях понятия «простоты» и «сложности» рассматриваются скорее в психологическом и, быть может, социально-культурном аспектах.

В методологии науки простоту гипотезы рассматривают в логическом аспекте. Это означает, во-первых, общность, немногочисленность, естественность исходных допущений гипотезы; во-вторых, возможность выведения из них следствий наиболее простым путем, не прибегая для этого к гипотезам типа *ad hoc*; в-третьих, использование более простых средств для ее проверки. Первое условие иллюстрировалось путем сравнения исходных допущений классической механики и теории относительности. Оно применимо к любой гипотезе и теории. Второе условие характеризует простоту скорее гипотетических теоретических систем, чем отдельных гипотез. Из двух таких систем предпочитается та, в которой все известные результаты определенной области исследования могут быть получены логически из основных принципов и гипотез системы, чем с помощью специально придуманных для этого гипотез *ad hoc*¹. Обычно обращение к гипотезам *ad hoc* делается на первых этапах научного исследования, когда еще не выявлены логические связи между различными фактами, их обобщениями и объясняющими гипотезами. Третье условие связано не только с чисто логическими, но и с прагматическими соображениями. В действительной же практике научного исследования логические, методологические, прагматические и даже психологические требования выступают в единстве.

¹ *Morris R. Cohen. Ernest Nagel. An Introduction to Logic and Scientific Method. London, 1934, p. 214.*

Все рассмотренные нами требования к обоснованию и построению гипотез взаимосвязаны и обуславливают друг друга; обособленное их рассмотрение делается ради лучшего уяснения сути проблемы. Например, информативность и предсказательная сила гипотезы существенным образом влияют на ее проверяемость. Нечетко определенные, малоинформативные гипотезы весьма трудно, а порой просто невозможно подвергнуть эмпирической проверке. К. Поппер даже утверждает, что чем логически сильнее гипотеза, тем она лучше проверяема. С таким утверждением нельзя полностью согласиться хотя бы потому, что проверяемость гипотезы зависит не только от ее содержания, но также и от уровня экспериментальной техники, зрелости соответствующих теоретических представлений, словом, имеет такой же относительный характер, как и все остальные принципы науки.

5. Некоторые методологические и эвристические принципы построения гипотез

Существуют ли правила или общие принципы отбора наиболее вероятных, правдоподобных гипотез? Этот вопрос является дискуссионным. Рассмотрим две основные точки зрения по этому вопросу.

Гипотеза и индукция. В начальный период формирования экспериментальной науки возник, а затем получил широкое распространение взгляд, согласно которому гипотезы и законы науки формулируются посредством индуктивного обобщения эмпирических данных. Наиболее последовательное выражение такой взгляд нашел в работах Фрэнсиса Бэкона. Во многом справедливо критикуя силлогистическую логику Аристотеля, особенно ее схоластическую интерпретацию, Бэкон считал эту логику не пригодной для опытных наук. «Логика, которой теперь пользуются, — писал он, — скорее служит укреплению и сохранению заблуждений, имеющих свое основание в общепринятых понятиях, чем отысканию истины»¹. Поэтому в противовес к "Органону" Аристотеля как логике дедукции он создал «Новый Органон», который, по его мысли, должен стать инструментом открытия новых истин в экспериментальных науках. Методом такого

¹ *Ф, Бэкон. Соч., т. 2. М., 1972, стр. 13,*

открытия Бэкон считал неполную, или проблематическую, индукцию. В «Новом Органоне» он поставил задачу разработать те правила индуктивных умозаключений, которые впоследствии были систематизированы и развиты дальше Дж. Ст. Миллем в виде так называемых методов экспериментального исследования.

Чтобы получить более ясное представление о возможностях применения этих методов, рассмотрим кратко основные каноны индуктивной логики, с помощью которых Бэкон и Милль считали возможным делать открытия в экспериментальных науках. Важнейшими из индуктивных канонов они считали методы сходства, различия и сопутствующих изменений. Остальные методы сводятся к перечисленным.

Метод сходства Милль считал преимущественно методом наблюдения, поскольку он позволяет выделить некоторый фактор, являющийся *общим* для всех исследуемых случаев. Этот общий фактор и будет причиной (или следствием) изучаемого явления, ибо фактор, отсутствующий в каком-либо из рассмотренных случаев, не может служить причиной (или следствием) этого явления.

Метод различия требует анализа по крайней мере двух случаев, которые отличаются друг от друга единственным фактором. При наличии этого фактора явление возникает, при отсутствии — исчезает. Этот фактор и будет причиной (или следствием) исследуемого явления. Например, чтобы установить причину замедленного падения в воздухе пера в сравнении с монетой, их помещают под колокол воздушного насоса. Выкачав воздух из колокола, обнаруживают, что в безвоздушном пространстве и перо и монета падают одновременно. Поскольку два рассмотренных случая отличаются только одним фактором (наличием или отсутствием воздуха), то этот единственный фактор — сопротивление воздуха — и будет причиной замедленного падения пера в первом случае. Таким образом, преимущество метода различия в сравнении с методом сходства заключается в том, что он дает возможность не только пассивно наблюдать явления, но и активно изменять условия их протекания, т. е. проводить целенаправленные исследования, ставить эксперименты.

Метод сопутствующих изменений используется для установления причинной зависимости таких явлений, ко-

торые нельзя обнаружить с помощью методов сходства и различия. Так, мы не можем найти причину возникновения приливов и отливов рек и морей по методу различия, так как ни в каком реальном эксперименте нельзя изолироваться от притяжения Луны и Солнца. Однако в этом и во многих других аналогичных случаях удается установить функциональную взаимосвязь между изменением двух или нескольких величин, встречающихся в исследуемом явлении. Обнаружение такой функциональной связи может служить доводом в пользу предположения, что указанные величины находятся в причинном отношении друг к другу.

Все перечисленные методы действительно применяются не только в экспериментальных исследованиях, но и в повседневной практике. Сам Милль, как свидетельствует Минто, заимствовал их «из практики научных, лабораторных исследований — в том виде, в каком их обобщил Гершель»¹.

Являются ли эти методы действительными методами серьезных научных открытий? Классики теории индукции, и в особенности Ф. Бэкон, чрезмерно переоценивали их, считая созданную ими индуктивную логику логикой открытий. «Наш же путь открытия наук таков, — писал Бэкон, — что он немного оставляет остроте и силе дарований, но почти уравнивает их. Подобно тому как для проведения прямой линии или описания совершенного круга много значат твердость, умелость и испытанность руки, если действовать только рукой, — мало или совсем ничего не значит, если пользоваться циркулем и линейкой. Так обстоит и с нашим методом»².

Дж. Ст. Милль, хотя и не разделял таких далеко идущих претензий Бэкона, все же считал индуктивные методы действенным инструментом открытия и доказательства причинных связей в природе. Именно эти методы, по его мнению, дают нам первоначальные обобщения, от которых зависит последующее построение гипотезы. В действительности же эти методы требуют обращения к некоторым гипотезам, с помощью которых отделяются факторы существенные от несущественных, главные от второстепенных. В самом деле, применение метода сходства требует выделения единственного обще-

¹ В. Минто. Дедуктивная и индуктивная логика. М., 1909, стр. 369.

² Ф. Бэкон. Соч., т. 2, стр. 27—28.

го признака или фактора всех случаев явления. Метод различия основан на сравнении случаев, которые отличаются только одним признаком. Между тем предметы и явления реального мира обладают всевозможных общих и различных свойств. Чтобы выделить среди них свойства, отношения или факторы, которые являются существенными для целей нашего исследования, мы должны заранее располагать некоторой гипотезой. Так, в примере с падением монеты и пера в качестве существенного фактора, оказывающего влияние на процесс, выступает сопротивление воздуха. Соответственно такой гипотезе в дальнейшем и строится эксперимент. Однако заранее трудно определить, будет ли тот или иной фактор существенным для протекания явления. Мы можем выяснить это лишь с помощью гипотезы, проверив на опыте те следствия, к которым она приводит. Таким образом, методы классической индукции Бэкона и Милля не могут служить канонами открытия новых научных истин, так как сами нуждаются в использовании дополнительных гипотез.

Естественно возникает вопрос: в чем же заключается значение этих методов? Первая и основная функция индуктивных методов состоит в *элиминации*, или *исключении*, из числа возможных гипотез таких, которые не удовлетворяют имеющимся эмпирическим данным. Допустим, что для объяснения причины некоторого явления предложено множество взаимно исключающих, или альтернативных, гипотез: $H_1, H_2, H_3 \dots H_n$. Чтобы найти среди «их единственно возможную причину, следует сопоставить эти гипотезы с данными наблюдения или эксперимента. Если при этом, например, обнаружится, что при наличии факторов, сформулированных в гипотезе H_u , явление будет отсутствовать, то по методу сходства мы можем исключить гипотезу H_u , как возможную причину возникновения исследуемого явления. Аналогичным образом используются для элиминации методы различия и сопутствующих изменений. После исключения из числа возможных причин гипотезы H_i причину исследуемого явления мы должны искать среди дизъюнкции оставшихся гипотез:

$$H_2 \vee H_3 \vee \dots \vee H_n -$$

Последовательно элиминировав все другие гипотезы, кроме одной оставшейся, мы приходим к обнаружению

нию гипотезы, служащей для объяснения причины явления. Может случиться, что, исключив все гипотезы, мы так и не найдем причину явления. И в этом нет ничего удивительного, ибо законы индукции дают возможность элиминировать неподходящие гипотезы, но не обеспечивают нахождение наиболее вероятных гипотез. Методы элиминативной индукции суживают область поисков возможных гипотез и тем самым обеспечивают как бы отрицательный подход к истине. В большинстве случаев они не дают никаких указаний относительно того, как найти подходящую гипотезу. Только в некоторых простейших случаях с их помощью можно построить соответствующую гипотезу. Так, опираясь на метод сопутствующих изменений, мы можем сформулировать гипотезу о том, что длина металлического стержня изменяется с изменением его температуры. Эта гипотеза, действительно, представляет индуктивное обобщение о взаимосвязи между такими эмпирически наблюдаемыми свойствами или величинами, как длина и температура стержня. Наблюдая на опыте изменение длин различных стержней из различных металлов в зависимости от изменения их температуры, можно придти к упомянутой гипотезе.

Можно поэтому сказать, что вторая функция методов классической индукции состоит в том, что они дают возможность устанавливать простейшие гипотезы о зависимости эмпирически наблюдаемых свойств предметов и явлений. Однако здесь наряду с элиминативной индукцией мы обращаемся также к индукции эnumerативной (т. е. индукции через перечисление частных случаев обобщения). Эмпирические обобщения, гипотезы и законы, получаемые с помощью методов индукции, играют заметную роль на первоначальной стадии научного исследования, которая связана с анализом и обобщением информации, добытой с помощью эксперимента или систематических наблюдений.

Теоретическая стадия исследования связана с использованием таких гипотез и законов, в которые входят понятия или термины, не являющиеся непосредственным отображением эмпирически наблюдаемых свойств и отношений. В зарубежной литературе такие понятия часто называют понятиями о *ненаблюдаемых* объектах. Так, например, для объяснения расширения тел при нагревании в свое время была предложена молекулярно-кинети-

ческая гипотеза. Эмпирически наблюдаемое расширение тел при нагревании она объясняла увеличением скорости движения мельчайших частиц вещества — молекул, которые являются эмпирически ненаблюдаемыми объектами.

Одна из причин того, что теоретические гипотезы и законы не могут быть получены из данных опыта, состоит в том, что опыт дает нам знание только об эмпирически наблюдаемых свойствах и отношениях явлений. Формы же теоретического исследования, к которым принадлежит и гипотеза, стремятся обнаружить их глубокий внутренний механизм, раскрыть их сущность, которая хотя и выражается в явлениях, но «е дана в них непосредственно. Для этого нет другого пути, кроме систематического выдвижения гипотез и последующей их проверки на опыте.

Не существует никакой механической процедуры, или, лучше сказать, алгоритма, который бы гарантировал получение наиболее вероятных гипотез из имеющихся эмпирических данных. Поэтому нельзя построить такую *индуктивную* машину, которая бы создавала новые гипотезы в опытных науках. Гипотезы и теории не выводятся из опыта, а создаются исследователем, чтобы объяснить результаты опыта. Ясно поэтому, что индуктивная логика не может заменить ни «остроту ума», ни опыт ученого, как об этом мечтал Ф. Бэкон. Даже дедуктивная логика, которая оперирует правилами достоверных умозаключений, не может научить нас, как из данных аксиом выводить новые, интересные теоремы. Нельзя поэтому построить такую дедуктивную машину, с помощью которой можно было бы получать новые теоремы из заложенных в нее аксиом. В этом отношении роль индуктивной и дедуктивной логик одинакова: они должны служить в качестве определенного стандарта рассуждения, т. е. выполнять *нормативную* функцию. Так, правила дедукции помогают нам установить, является ли то или иное доказательство логически обоснованным, т. е. соответствует ли каждый шаг такого доказательства правилам дедуктивных умозаключений. Обнаружение же самой теоремы, путей, которыми шел ученый к ее открытию, выходит за сферу компетенции логики. Аналогично этому методы индуктивной логики в настоящее время все больше и больше начинают рассматриваться как определенные стандарты, с помощью которых

оценивают степень подтверждения эмпирических обобщений и гипотез.

Гипотеза, интуиция и дедукция. С развитием экспериментальной и теоретической науки, с усложнением ее средств, приемов и способов исследования становилось все более очевидным, что индуктивные методы занимают в ней довольно скромное место.

Сами ученые начинают настойчиво подчеркивать значение творческого фактора в процессе научного открытия. Этот фактор нельзя свести к каким-либо известным, наперед заданным правилам, в том числе и к канонам классической индуктивной логики. Между тем он играет решающую роль в процессе научного открытия. Постепенно эта идея становится достоянием философии и логики науки. Еще в середине прошлого века английский логик и историк науки В. Уэвелл, критикуя недостатки классической теории индукции, указывал, что всякое научное открытие представляет «счастливую догадку»¹, которую невозможно обосновать с помощью канонов индукции.

Процесс научного исследования, по его мнению, предполагает, во-первых, обнаружение какого-либо важного общего признака изучаемых явлений, во-вторых, распространение этого признака на сходные, но неизученные случаи и, в-третьих, выведение логических следствий из таким путем установленной гипотезы. Важно при этом отметить, что Уэвелл не говорит об индуктивных методах как методах открытия новых истин: их назначение скорее состоит в обобщении найденной в результате «счастливой догадки» общей закономерности на новые случаи, т. е. в экстраполяции обобщения. Поскольку процесс открытия новых научных истин не поддается логическому контролю, то такому контролю должна быть подвергнута проверка принимаемых гипотез. Именно в этих целях и привлекается дедукция, с помощью которой выводят следствия из гипотез и сравнивают их с эмпирическими фактами. Таким образом, индукция в концепции Уэвелла оказывается тесно связанной с дедукцией и сам его метод можно назвать индуктивно-дедуктивным.

«Доктрина, представляющая *гипотезу* дедуктивного рассуждения, является выводом индуктивного процесса.

¹ W. Whewell. The Philosophy of the Inductive Science. London, 1847, p. 41,

Частные факты, которые служат основой 'индуктивного вывода, являются заключением в логической цепи дедукции. И таким образом дедукция устанавливает индукцию»¹. Эти идеи Уэвелла переключаются с теми позднейшими концепциями логики научного познания, с которыми выступили в 30-е годы К. Поппер и неопозитивисты в лице представителей венского кружка и аналитической философии. Пожалуй, в наиболее последовательном виде новая концепция логики научного открытия была представлена К. Поппером в его книге «Логика исследования» (Вена, 1935 г.).

В отличие от Уэвелла он решительно отрицает какое-либо значение индукции в логическом анализе познания, поэтому его концепцию можно охарактеризовать как всецело *дедуктивистскую*. В рамках своей логики Поппер отказывается также от анализа путей и способов достижения нового знания в науке, считая эти вопросы либо неразрешимыми, либо относящимися к компетенции психологии научного творчества. «Вопрос о том, как случается, что новая идея возникает у человека — является ли это 'музыкальной темой, драматическим конфликтом или научной теорией, — может быть очень интересным для эмпирической психологии, но он не относится к логическому анализу научного познания. Это последнее касается не вопросов факта..., а только вопросов обоснования правильности. Соответственно этому, — продолжает он, — я буду ясно отличать процесс возникновения новой идеи и методы и результаты их логического исследования. Что касается задачи логики познания — в противоположность психологии познания, — я буду основываться на предположении, что она состоит исключительно в исследовании методов, применяемых в той систематической проверке, которой должна быть подвергнута всякая новая идея»².

Сторонники неопозитивизма, критикуя классическую теорию индукции, в отличие от Поппера не отбрасывают индукцию вообще, а стремятся по-новому взглянуть на ее роль в науке. В то время как для Бэкона и отчасти для Милля индукция была методом открытия новых научных истин, для неопозитивистов она служит методом подтвер-

ждения гипотез и теорий. «При создании новой системы теоретических понятий и с ее помощью теории, — пишет Р. Карнап, — нельзя просто следовать механической процедуре, основанной на фиксированных правилах. Для этого требуется творческая изобретательность»¹. «...Правила индукции, — отмечает К. Гемпель, — будут определять силу подтверждения, которую данные обеспечивают гипотезе, и они могут выразить такое подтверждение в терминах вероятности»². Таким образом, многие специалисты, справедливо критикуя старый, механистический подход к процессу научного открытия, все свое внимание сосредоточивают исключительно на проверке или оценке уже существующих, наличных гипотез и теорий. И хотя такой анализ представляет важный этап исследования, тем не менее он недостаточен для понимания всего процесса исследования в целом и тем более той ее стадии, которая непосредственно связана с открытием нового.

В самой общей форме позицию большинства буржуазных специалистов по логике и методологии науки по вопросу о построении новых гипотез и теорий можно сформулировать примерно так. Создание новой гипотезы или теории не только не поддается логическому контролю, но часто не может быть объяснено рациональным образом. В лучшем случае при этом делается ссылка на интуицию, которая нередко понимается в иррационалистическом духе. Так, К. Поппер считает, что интуитивный фактор, входящий в процесс открытия нового в науке, не допускает никакого рационального объяснения. «Мой взгляд, — пишет он, — может быть выражен с помощью утверждения, что каждое научное открытие содержит «иррациональный элемент», или «творческую интуицию» в смысле Бергсона»³. Эта ссылка на Бергсона весьма существенна для характеристики взглядов Поппера, ибо она показывает, что интуиция им понимается не так, как ее обычно рассматривают в науке, а как особый род инстинктивного познания. В самом деле, если следовать Бергсону, то необходимо признать, что «интуиция — не что иное, как высокоразвитая форма инстинкта. Она

¹ W. Whewell. Novum Organon Renovatum. London, 1958, p. 114.

² K. R. Popper. The Logic of Scientific Discovery. London, 1958, p. 31.

¹ Р. Карнап. Философские основания физики, стр. 77.

² Carl G Hempel. Philosophy of Natural Science. New York, 1966, p. 18.

³ K. R. Popper. The Logic of Scientific Discovery, p. 32.

превосходит рассудок тем, что выражается всегда категорически, тогда как он — в гипотетической форме»¹. Не говоря уже о том, что инстинкту нечего делать в науке, необходимо подчеркнуть, что, если результаты интуиции представляют безусловные, или категорические, истины, тогда дальнейшее их исследование становится ненужным. В таком случае отпадает необходимость в проверке гипотез и теорий, выдвигаемых учеными, а следовательно, становится ненужной и попперовская теория дедуктивной проверки новых идей. Все это свидетельствует о том, что иррациональные исходные посылки рано или поздно приходят в противоречие с рациональными элементами любой теории, как это случилось с логикой науки К. Поппера². Многие неопозитивисты, не желая затруднять себя, переносят вопрос о возникновении новых идей всецело в сферу эмпирической психологии, ограничивая тем самым свою задачу исключительно формально-логическим аспектом проверки и подтверждения гипотез, т. е. все дело сводят к логической дедукции следствий из них и проверке этих следствий на опыте. Налицо, таким образом, попытка приложения гипотетико-дедуктивного метода к анализу возникновения нового знания.

Если индуктивисты пытаются объяснить механизм возникновения нового знания в науке, то дедуктивисты отрицают саму правомерность такой попытки. Для них самое важное заключается в дедукции следствий из новых знаний (гипотез и теорий). Однако такой подход так же односторонен и ограничен, как и противоположный ему — индуктивистский, ибо научная деятельность вовсе не сводится к нанизыванию силлогизмов, а предполагает концептуальный анализ существующих теорий, обнаружение в них так называемых точек роста, на основе которых происходит дальнейшее расширение и развитие теории.

Конечно, методология науки не может дать готовых рецептов для построения конкретных научных гипотез, но в то же время она не должна игнорировать ценные результаты общего характера, которые накоплены в частных науках.

¹ А. Бергсон. Собр. соч., т. 1. СПб. (изд. 2-е), стр. 131.

² Более подробную критику концепции К. Поппера см. в кн.: «Философия и наука». М., 1973, стр. 108—114.

Взаимодействие различных факторов в процессе построения гипотез. В истории логики, как и в истории философии, долгое время господствовало мнение, что способы рассуждений или умозаключений ограничиваются исключительно дедукцией и индукцией. В разные времена, в зависимости от уровня развития науки и общего интеллектуального климата эпохи преобладала либо дедуктивистская, либо индуктивистская тенденция. Так, античная наука, не знавшая экспериментального исследования, почти целиком ориентировалась на дедукцию. Не случайно основы дедуктивной логики в форме силлогистики Аристотеля возникают именно в это время.

Необходимость в экспериментальном исследовании природы, с особой силой выдвинутая развитием производительных сил нарождающегося капиталистического общества, привела к разработке классической индуктивной логики и критике традиционной дедукции. По мере того как все более очевидными становились недостатки классической индукции Бэкона и Милля, начинается новый поворот к дедукции в форме гипотетико-дедуктивного метода. Но такое противопоставление дедукции индукции, как и ограничение способов рассуждения этими двумя формами умозаключений, не соответствует действительной практике научного исследования. Ученый пользуется всеми доступными способами рассуждений и мобилизует все свои психические способности и навыки для обнаружения истины. Поэтому методология науки должна рассматривать способы и приемы познания в их диалектическом взаимодействии. Это, конечно, не исключает специального изучения отдельных методов рассуждения и тех вспомогательных эвристических средств, которые облегчают поиски истины.

При построении гипотез чаще всего обращаются к таким логическим и эвристическим приемам исследования, как индукция и статистика, аналогия и интуиция, дедукция и конструкция. Не претендуя на исчерпывающее изложение этих вопросов, которые составляют предмет особого исследования, рассмотрим кратко наиболее существенные с интересующей нас точки зрения особенности этих методов.

Индуктивные и статистические методы. Всякое обобщение эмпирического материала, по крайней мере на предварительной стадии исследования, предполагает использование методов индукции. Часто эти методы

представляются настолько простыми и привычными, что ученый может и не задумываться над ними. Действительно, чтобы прийти к некоторому обобщению, необходимо располагать определенным числом примеров, или частных случаев, которые подтверждают выдвинутое обобщение. Очевидно, что, чем больше будет найдено подтверждающих случаев обобщения, тем вероятнее будет само обобщение. Здесь мы встречаемся с типичным примером индукции через простое перечисление. Однако правдоподобность обобщения зависит не столько от простого числа случаев, сколько от того, как различаются эти случаи друг от друга. Если один случай не отличается от другого или отличается весьма незначительно, то он мало что прибавляет в обобщение. Наоборот, чем разнообразнее случаи обобщения, тем вероятнее само обобщение. Эта идея, как известно, лежит в основе элиминативной индукции, согласно которой правильная индуктивная гипотеза получается путем элиминации, или исключения, конкурирующих обобщений.

В истории логики элиминативная индукция нередко противопоставлялась эnumerативной как более надежный способ построения эмпирических гипотез. Начиная с Ф. Бэкона многие философы подчеркивали, что 'простое накопление случаев не может повысить надежность обобщения. Поэтому следует анализировать случаи, которые как можно больше отличаются друг от друга, поскольку именно разнообразные случаи могут помочь в исключении конкурирующих гипотез. С этой точки зрения индукция, как справедливо замечает С. Ф. Баркер, выступает как борьба, в которой выживают более подходящие гипотезы¹. Действительно, данное обобщение будет тем лучше подтверждаться свидетельствами, чем конкурирующее с ним обобщение опровергаться ими. Но такое противопоставление элиминативной индукции эnumerативной вряд ли оправдано. В действительной практике научного исследования не ограничиваются простым накоплением фактов или случаев, а по возможности стремятся разнообразить их. И все же количество исследованных случаев отнюдь не безразлично для определения вероятности гипотезы. Об этом свидетельствуют, в частности, статистические и вероятностные методы исследования.

¹ S. F. Barker. Induction and Hypothesis. New York, 1957, p. 51.

В свое время Д. С. Милль поставил такой вопрос, почему иногда достаточно нескольких случаев подтверждения гипотезы, чтобы поверить в нее, в то время как тысячи других случаев не увеличивают ее вероятности? Чтобы ответить на него, мы в общих чертах рассмотрим, как происходит отбор таких случаев в статистике. Поскольку гипотезы обычно относятся к весьма обширным или даже бесконечным множествам случаев, то необходимо так выбрать эти случаи, чтобы они давали верное представление обо всем классе случаев. Полную совокупность объектов или случаев, на которую распространяется обобщение или гипотеза, в статистике принято называть *популяцией*. Часть популяции, которая в качестве образца выделяется для специального исследования, представляет *выборку*. Чтобы выборка давала правильное представление о всей популяции, или была *репрезентативной*, следует выполнить ряд требований, важнейшим из которых является условие *рандомизации*. Это значит, что каждый элемент популяции с одинаковой вероятностью может стать элементом выборки. Если выборка будет репрезентативной, то распределение свойств в ней будет приблизительно такое же, как и в популяции. Так, по горсти зерна, взятой из мешка, мы можем судить о качестве зерна во всем мешке. В этом, как и в других случаях, мы исходим из существования некоторой однородности, или гомогенности, элементов популяции. Именно поэтому исследование небольшого числа ее элементов, представляющих выборку, достаточно для того, чтобы судить о всей популяции. Таким образом, число случаев подтверждения гипотезы играет важную роль только тогда, когда еще не выявлена их однородность в каком-либо существенном отношении. Другой важный момент, который следует учитывать при оценке вероятности гипотез, связан с возможностью их дедуктивной разработки.

Дедуция и конструкция гипотез. Как мы уже отмечали, степень подтверждения отдельных, изолированных гипотез намного ниже тех гипотез, которые входят в некоторую гипотетико-дедуктивную систему. Индуктивные и статистические методы исследования в основном приспособлены для оценки степени вероятности отдельных эмпирических обобщений и гипотез. Когда наука или отдельная ее отрасль только что складывается или же еще не достигла той степени зрелости, при которой ре-

шающую роль приобретает построение теорий, тогда эти методы могут оказать значительную помощь при анализе* и оценке отдельных утверждений, обобщений и гипотез. В развитых же науках, где преобладают системы теорий изолированные гипотезы встречаются крайне редко. Обычно любую гипотезу стремятся включить в состав некоторой теории. В результате этого она либо оказывается логическим следствием других гипотез, либо сама служит исходной посылкой для дальнейших выводов. Гипотезы, получаемые с помощью дедукции из других логически более сильных гипотез или посылок теории, оказываются лучше обоснованными и с рациональной и с эмпирической точек зрения, хотя они могут быть известными и до их дедуктивного вывода. Так, например, принципы или гипотезы термодинамики были сформулированы задолго до создания классической статистической механики, из которой они впоследствии были логически выведены и тем самым теоретически объяснены. В еще большей мере это относится к эмпирическим гипотезам или законам, которые хотя и обобщают и описывают факты, но сами могут быть поняты только на основе более широких теоретических гипотез и законов. Так, все эмпирически найденные зависимости между физическими свойствами газов (давлением, объемом и температурой, которые известны в физике как законы Бойля, Гей-Люссака и Шарля) получили свое объяснение только после создания кинетической теории газов.

Основное значение для развития науки имеют, несомненно, те гипотезы, которые сами служат посылками для дальнейших дедукций. Такие гипотезы не могут быть найдены ни индуктивно, ни дедуктивно, хотя оба эти метода играют известную роль в процессе поиска и проверки гипотезы. Поскольку, однако, любая гипотеза, претендующая на то, чтобы стать посылкой теории, должна войти в общую концептуальную схему этой теории, то ее построение неизбежно связано с использованием более глубоких и широких концептуальных средств: понятий, идей и методов. В процессе исследования ученый отталкивается от предшествующего теоретического знания и известных эмпирических данных. Выдвигая новые гипотезы, он стремится объяснить с их помощью все ранее найденные частные результаты и обобщения. Такое объяснение предполагает создание более широкой системы понятий и утверждений, чем

прежняя. Как правильно подчеркивает Н. Р. Хэнсон, целью ученого является создание концептуальной схемы, в терминах которой могут быть поняты имеющиеся данные¹. Закладывая основы своей механики, Ньютон не ограничился выдвиганием более сильных по сравнению с его предшественниками гипотез. Он перестроил всю концептуальную схему механики, ввел и уточнил ряд понятий, разработал новый метод получения математических следствий в форме так называемого исчисления флюксий (анализа бесконечно малых). Только благодаря этому ему удалось получить в качестве следствий из исходных посылок своей теории ранее найденные законы Кеплера, закон свободного падения и многие другие результаты, которые до него казались не связанными друг с другом.

Вполне понятно, что как построение новых понятий, так и выдвигание более сильных гипотез не есть чисто логический процесс. Оно требует творчества и изобретательности, использования аналогий и других эвристических средств. В науке нередко все эти способы и средства относят к интуиции. Не претендуя здесь на решение весьма трудных, опорных и малоисследованных вопросов этой проблемы, остановимся на выяснении роли интуиции и логики в процессе выдвижения и построения гипотез.

Интуиция и логика часто противопоставляются друг другу. Иногда интуиция рассматривается как наивысшая форма познания, в корне противоположная не только логическому рассуждению, но и всякому рациональному знанию вообще. С этой точки зрения возникновение наиболее плодотворных гипотез в науке происходит будто бы в результате внезапного озарения, не связанного с предшествующей работой мысли. Более того, считается, что критический анализ тормозит этот процесс, подавляет творческое воображение и полет фантазии. Недаром многие открытия, утверждают защитники этой точки зрения, совершаются во сне или же тогда, когда ученый не думает о науке. В действительности всякому важному открытию в науке предшествует длительная, кропотливая работа мысли. Мы уже отмечали, что Галилею потребовалось свыше трех десятков лет, чтобы открыть закон свободного падения тел. Маловероятен

¹ N. R. Hanson. *Patterns of Discovery*. Cambridge, 1958, p. 72.

также рассказ о том, будто Ньютона натолкнуло на открытие закона всемирного тяготения наблюдение им падения яблока с дерева. Верить этой легенде — значит игнорировать все предшествующие попытки решения этой проблемы, усилия, предпринятые в этом направлении такими предшественниками Ньютона, как Галилей и Кеплер, а также более ранние, но безуспешные попытки самого Ньютона. Все дело в том, что, после того как открытие сделано, весь трудный предварительный этап исследования, а тем более многочисленные неудачные попытки решения проблемы обычно забываются и новое открытие часто выглядит поэтому как нечто неожиданное и случайное, совершенно не связанное с предыдущими результатами научного познания. Даже в тех случаях, когда новые гипотезы и открытия возникают внезапно, а иногда во сне, при более тщательном анализе оказывается, что такой скачок в познании представляет результат длительных предыдущих исследований. Так, известно, что гипотеза о структурной формуле бензола (C_6H_6) окончательно оформилась у Кекуле во сне. Но прежде чем придти к ней, он свыше десяти лет безуспешно бился над решением этой проблемы. Идея о периодическом законе химических элементов у великого русского химика Д. И. Менделеева возникла также во сне, но она представляла итог всей его научной деятельности, неустанных поисков объяснения закономерностей изменения свойств химических элементов¹. Во всех таких случаях сознательная деятельность, опирающаяся на знание и опыт, играет гораздо более важную роль в формировании новых гипотез и открытий, чем те обстоятельства, при которых происходит окончательное их выяснение в мысли ученого.

С психологической точки зрения изучение механизмов интуиции и в особенности творческого воображения представляет огромный интерес, хотя практически в этой области сделано еще очень мало. Несомненно, однако, что результаты интуиции нуждаются в обосновании и проверке больше, чем выводы рационального познания. Многие авторы подчеркивают, что интуиция представляет недоверенный зачаток мысли². Она может нав-

¹ См. Б. М. Кедров. День одного великого открытия. М., 1958.

² См. М. Бунге. Интуиция и наука. М., 1967, стр. 141; Л. Кутюра. Философские принципы математики. СПб., 1913, стр. 243.

дуть на интересные размышления, приводить к новым идеям, но в то же время порождать ошибки. Если бы мы всецело полагались на интуицию, то никогда не имели бы ни неевклидовых геометрий, ни теории относительности, ни квантовой механики, многие положения которых противоречат здравому смыслу и нашим привычным интуитивным представлениям. Вот почему теоретическое обоснование и практическая проверка интуитивно найденных гипотез приобретает такое важное значение для решения судьбы самой гипотезы.

С логической точки зрения разработка гипотез предполагает установление их непротиворечивости, сопоставление с другими гипотезами, а самое главное — с дедукцией следствий, которые можно проверить на опыте. Без такой дедукции все наши гипотезы в эмпирических науках будут в лучшем случае интуитивными догадками.

6. Методы проверки и подтверждения гипотез

В научном исследовании смелость в выдвижении гипотез должна сочетаться с тщательностью и строгостью их проверки. Обсуждая критерий проверяемости, мы уже отметили ряд трудностей, которые встречаются при испытании гипотез. Здесь мы коснемся более подробно некоторых проблем, связанных с проверкой и подтверждением гипотез.

Проблема проверки гипотез. Эмпирическая проверка гипотез в конечном итоге сводится к проверке тех следствий, которые из них вытекают, непосредственно с помощью результатов наблюдений или специально поставленных экспериментов. Такие следствия обычно выражаются в форме условных утверждений, т. е. утверждений, в которых перечисляются те требования, выполнение которых необходимо для появления того или иного события. Если предсказания, выведенные из гипотезы, согласуются с данными наблюдения или эксперимента, то говорят, что гипотеза подтверждается этими данными. В точных естественных науках, таких, как физика, астрономия, химия, результаты проверки гипотезы могут быть выражены количественным способом, чаще всего с помощью математических функций. Так, гипотеза о постоянстве ускорения всех 'Свободно падающих тел была проверена с помощью логически выведенного из нее

следствия о функциональной зависимости Между временем падения тела и расстоянием, пройденным им за это время, т. е.

$$S_t = \frac{gt^2}{2} + v_0t + S_0.$$

Зная начальную скорость v_0 и положение тела S_0 к началу падения, мы можем непосредственно на опыте вычислить расстояние S_t , пройденное им за одну, две, три и т. д. секунды, и сравнить эти значения с теми, которые получаются из вышеприведенной формулы. Совпадение этих значений будет свидетельствовать о подтверждении эмпирически проверяемого следствия, а значит, и самой гипотезы, из которой оно выведено. Но такое подтверждение зависит от числа проверенных случаев: чем больше значений для времени t и расстояния S_t мы проверим, тем вероятнее будет наше заключение. В строгом смысле слова, окончательная проверка следствия, как показывает формула, требует сопоставления бесчисленного множества значений для t и S_t . На опыте мы можем, разумеется, проверить лишь сравнительно небольшое *конечное* количество случаев. Поэтому в принципе всегда остается возможность опровержения гипотезы с помощью новых наблюдений и экспериментов. Вот почему гипотезы общего характера никогда нельзя окончательно верифицировать на опыте.

С другой стороны, одного случая, не подтверждающего гипотезу, достаточно, чтобы опровергнуть ее целиком. Между подтверждением и опровержением гипотезы, как мы уже знаем, не существует симметрии. Именно основываясь на такой антисимметрии, К. Поппер и выдвинул свой критерий опровержения, или фальсификации, с помощью которого он предлагает отличать научные гипотезы и теории от ненаучных. Однако критерий опровержения нельзя противопоставлять критерию подтверждения, в особенности в науке.

Все предшествующие рассуждения об антисимметрии между подтверждением и опровержением гипотез основывались на тех формально-логических принципах, которые связаны с этими критериями. Из истинности следствия некоторого высказывания мы не можем заключать об истинности самого высказывания: это было бы логической ошибкой. Наоборот, ложность следствия свидетельствует о ложности высказывания, из которого

оно вытекает. Такое умозаключение является логически правильным, известным в формальной логике под названием *modus tollens*. Когда эти принципы логики применяются для проверки отдельных, не связанных друг с другом гипотез, то настаивание на существовании асимметрии между подтверждением и опровержением не только допустимо, но и необходимо. Совершенно иначе обстоит дело, когда мы обращаемся к реальной практике науки, в которой одни гипотезы зависят от других, а также различных вспомогательных предположений. В этом случае мы уже не можем так безапелляционно говорить об опровержении, как говорили об опровержении отдельной, изолированной гипотезы. Так, уже в случае проверки гипотезы о постоянстве ускорения свободно падающих тел наряду с самой гипотезой нам приходится считаться с такими вспомогательными предположениями или гипотезами, как отсутствие сопротивления воздуха, близость тела к земной поверхности и некоторые другие. Поэтому, если при проверке гипотезы окажется, что ее следствия будут противоречить данным опыта, то это, в строгом смысле слова, не будет свидетельствовать об окончательном опровержении исходной гипотезы. Вполне допустимо, что отрицательный результат опыта зависит от ложности какого-либо вспомогательного предположения, с которым связана исходная гипотеза. Все это говорит о том, что процесс проверки и опровержения гипотез, входящих в состав какой-либо научной теории, носит более сложный характер, чем это кажется на первый взгляд.

Когда некоторая гипотеза H зависит от других вспомогательных гипотез, или предположений $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$, тогда опровержение какого-либо эмпирически проверяемого ее следствия E будет свидетельствовать о ложности либо самой гипотезы, либо одного из вспомогательных предположений. В самом деле, допустим, что при проверке на опыте следствие E оказалось ложным. Но это следствие, как мы знаем, вытекает из конъюнкции исходной гипотезы H и вспомогательных гипотез $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$:

$$[H \& (A_1 \& A_2 \& A_3 \& \dots \& A_n)] \supset \neg E$$

(в этой формуле символ $\&$ означает конъюнкцию, \neg — отрицание и \supset — импликацию). Согласно правилам математической логики, вышеприведенную формулу

можно представить в другой, эквивалентной ей форме:

$$\neg [H \& (A_1 \& A_2 \& A_3 \& \dots \& A_n)] \vee \neg E$$

По законам де Моргана, первый член полученной дизъюнкции эквивалентен следующему выражению:

$$\neg H \vee \neg (A_1 \& A_2 \& A_3 \& \dots \& A_n).$$

Еще раз применяя закон де Моргана к выражению, заключенному в круглые скобки, окончательно получим:

$$\neg H \vee \neg A_1 \vee \neg A_2 \vee \neg A_3 \vee \dots \vee \neg A_n.$$

Таким образом, если результат проверки некоторой основной и вспомогательных гипотез оказывается отрицательным, то точными логико-математическими средствами можно доказать, что в этом случае ложна либо основная гипотеза, либо одна или несколько, или даже все вспомогательные гипотезы. Установить это можно только в процессе дальнейшего исследования.

Указанные выше соображения имеют существенное значение для оценки роли так называемого *решающего эксперимента*. В науке нередко приходится иметь дело с конкурирующими гипотезами, которые опираются на одни и те же эмпирические данные и объясняют одни и те же явления. В таком случае, если бы нам удалось осуществить эксперимент, результаты которого опровергли одну из гипотез, другая из них могла претендовать на истинность. Но, как уже отмечалось, каждая из достаточно глубоких научных гипотез обычно связана с целым рядом вспомогательных предположений или гипотез. Поэтому отрицательный результат эксперимента может свидетельствовать не о ложности самой исходной гипотезы, а какого-либо вспомогательного предположения. Если нам удастся исправить или 'модифицировать' ошибочное вспомогательное предположение, то эксперимент может подтвердить основную гипотезу. Это означает, что эксперимент, окончательно опровергающий одну из конкурирующих гипотез и подтверждающий другую, осуществить крайне трудно, если не невозможно. Другими словами, неоспоримое экспериментальное доказательство, то, что Ф. Бэкон называет *Experimentum crucis*, в науке фактически не встречается. По отношению к физике такой вывод о невозможности решающего эксперимента настойчиво защищался Пьером Дюгемом,

а впоследствии в более общей форме эта идея развивалась У. Куайном.

В своей книге, посвященной структуре физической теории, Дюгем писал: «...физик никогда не может подвергнуть контролю опыта одну какую-нибудь гипотезу в отдельности, а всегда только целую группу гипотез. Когда же опыт его оказывается в противоречии с предсказаниями, то он может отсюда сделать лишь один вывод, а именно, что, по меньшей мере, одна из этих гипотез неприемлема и должна быть видоизменена, но он отсюда не может еще заключить, какая именно гипотеза не верна»¹.

Справедливость своего тезиса Дюгем иллюстрирует на примере двух конкурирующих гипотез оптики: корпускулярной, или эмиссионной, гипотезы Ньютона и волновой гипотезы Гюйгенса и Френеля. Согласно первой гипотезе, свет представляет поток частиц, или корпускул, испускаемых светящимся телом. Волновая гипотеза рассматривает его как колебательное движение особой субстанции, названной мировым эфиром. Обе эти гипотезы более или менее удовлетворительно объясняли явления распространения, отражения и преломления света. Но из волновой гипотезы вытекало также следствие, что скорость света в воздухе должна быть больше, чем в воде, тогда как, согласно корпускулярной, наоборот, скорость в воздухе должна быть меньше, чем в воде. В 1850 г. французский физик Фуко осуществил эксперимент, подтвердивший, что скорость света в воздухе действительно больше, чем в воде. Эти результаты многие ученые рассматривали как решающее доказательство опровержения корпускулярной гипотезы и подтверждения волновой. Поскольку, однако, обе эти гипотезы зависят от целого ряда других вспомогательных гипотез, то отрицательный результат эксперимента сам по себе не свидетельствует о ложности корпускулярной гипотезы. Вполне возможно, что ошибочной является какая-либо из вспомогательных гипотез. Во всяком случае, полученный результат требовал пересмотра и модификации всей совокупности предположений и гипотез, связанных с корпускулярной концепцией. И действительно, после того как А. Эйнштейн в 1905 году вместо старых представле-

¹ П. Дюгем. Физическая теория, ее цель и строение. СПб., 1910, стр. 224.

ний о корпускулах выдвинул гипотезу о квантах света, или фотонах, то в качестве доказательства ее справедливости он сослался «а опыты Ленарда. Эти опыты опровергали представления классической волновой теории о непрерывном характере световой энергии, и поэтому Эйнштейн расценивал их «как второй решающий эксперимент» относительно природы света. Но опять-таки эксперимент не целиком опровергал волновую гипотезу и сам Эйнштейн стремился модифицировать ее так мало, как это было возможно.

Этот пример из истории науки ясно показывает, что полное опровержение, как и подтверждение гипотез, входящих в состав теорий и связанных многочисленными отношениями с другими гипотезами, в каждый данный период времени фактически невозможно. Поэтому невозможен и решающий эксперимент, о котором писал Ф. Бэкон, т. е. эксперимент, окончательно и полностью опровергающий одну гипотезу и подтверждающий другую, ей противоположную. В современной зарубежной литературе по методологии науки этот тезис настойчиво защищался И. Лакатошем в его исследованиях по методологии научно-исследовательских программ. Поскольку гипотезы в науке, как правило, объединяются в рамках некоторой концепции или, как предпочитает говорить Лакатош, определенной исследовательской программы, то никакой реальный эксперимент не может сразу же отвергнуть такую программу. «*Не существует никаких решающих экспериментов*», — подчеркивает он, — по крайней мере, если под ними подразумевать эксперименты, которые тотчас же могут ниспровергнуть исследовательскую программу. Фактически, когда одна исследовательская программа терпит поражение и заменяется другой, мы можем — довольно *непредусмотрительно* — назвать эксперимент решающим, если он обеспечивает эффективное подтверждение для побеждающей программы и не подкрепляет отвергаемую (в том смысле, что новые результаты никогда не были «объяснены прогрессивно» — или вообще «объяснены» — в рамках отвергаемой программы)¹. Многочисленные примеры из истории развития новейшей физики, которые анализирует Лакатош,

¹ *Imre Lakatos. Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes. — «Criticism and the Growth of Knowledge». Cambridge, 1970, p. 173.*

достаточно убедительно свидетельствуют об относительном характере экспериментов в науке.

Проблемы подтверждения и опровержения гипотез. При решении проблем подтверждения и опровержения гипотез необходимо учитывать, идет ли речь об отдельной, изолированной гипотезе или же о некоторой их системе. Игнорирование этого обстоятельства и неконкретный подход к вопросу чаще всего и порождает крайние, односторонние попытки решения проблемы.

Как уже отмечалось, *дедуктивисты* вроде Поппера и его последователей единственно приемлемым методом проверки гипотез считают дедукцию. Странники *индуктивизма* все свое внимание обращают на индуктивные методы подтверждения. Такое противопоставление, во первых, хотя и имеет известные основания, все же не учитывает той специфической роли, которую играют гипотезы в науке. Фактически в любой достаточно зрелой науке они выступают не обособленно, а в рамках теорий, т. е. системы взаимосвязанных гипотез. Во-вторых, в процессе научного исследования опровержение и подтверждение гипотез скорее дополняют, чем исключают друг друга. Поэтому мы не можем согласиться с мнением Поппера о том, что научные законы эмпирических теорий могут быть только опровергаемы, но не подтверждаемы. Конечно, принципиальная возможность опровержения гипотезы или теории является важным критерием ее содержательности. Теория, которая может только подтверждаться, дает либо тривиальное, либо слишком схематическое объяснение исследуемых явлений. Возможность опровержения гипотезы, как справедливо замечает М. Бунге¹, есть признак ее научности. Но это условие, будучи *необходимым*, не является вместе с тем *достаточным*. Чтобы обосновать гипотезу, мы должны по крайней мере на некоторых частных случаях убедиться в ее правильности. Частные случаи, подтверждающие гипотезу, будут свидетельствовать хотя бы о ее частичной истинности.

Проблема оценки степени подтверждения гипотез до настоящего времени остается дискуссионной. Точные методы такой оценки впервые попытались применить еще основоположники математической логики — Г. В. Лейбниц и Д. Буль, а после них Ч. Пирс, Д. Венн и П. С. По-

¹ *M. Range. Myth of Simplicity. New York, 1963, p. 146.*

редкий. Лейбниц даже мечтал о создании специальной логики, которая учитывала бы степени вероятности не только гипотез, но и любых высказываний вообще. Эта программная идея Лейбница нашла дальнейшее развитие в исследованиях английского ученого Д. М. Кейнса (1921г.)¹. На современном уровне, с использованием методов логической семантики вероятностная логика разрабатывается в трудах Р. Карнапа², Дж. Кемени, Г. Леблана и других.

Вероятностная логика, которая пришла на смену старой классической индуктивной логике Бэкона — Милля, совершенно по-новому ставит проблему индукции. Если раньше задачу индуктивной логики видели в открытии и доказательстве новых научных истин, то впоследствии стало совершенно очевидным, что с помощью правил индукции Бэкона — Милля можно открывать лишь весьма простые истины. В настоящее время перед индуктивной логикой ставится задача — не изобретать правила открытия новых научных истин, а находить объективные критерии подтверждения гипотез эмпирическими посылками и, если возможно, определить степень, с которой эти посылки подтверждают гипотезу.

Степень вероятности гипотезы существенным образом зависит от тех посылок, которые служат для ее подтверждения. С изменением посылок, получением новой информации меняется и вероятность гипотезы. Что касается численной оценки вероятности гипотез, то здесь мнения ученых расходятся. Большинство из них склоняется к мысли, что возможна лишь *сравнительная* оценка степени подтверждения гипотез. Иными словами, гипотезы можно лишь сравнивать в терминах «больше подтверждается», «одинаково подтверждается» или «меньше подтверждается». Учитывая, что эмпирические данные, на которые опираются разные гипотезы, могут оказаться различными, даже такое сравнение не всегда осуществимо. Другие исследователи, как, например, Р. Карнап и его последователи, верят в возможность построения вероятностной логики, с помощью которой можно охарактеризовать степень подтверждения точным числом. По-видимому, все же наиболее перспективными являют-

ся попытки создания сравнительной вероятностной логики*, на чем так настаивал более осторожный Кейнс.

Для сравнительной оценки вероятностей эмпирических обобщений или гипотез он предложил следующую формулу:

$$p(\varphi_1 \& \varphi_2; f_1) / E \geq p(\varphi_1 \& \varphi_2; f_1 \& f_2) / E \geq p(\varphi_1; f_1 \& f_2) / E$$

При одинаковых посылках чем более исчерпывающими являются условия обобщения, символически представленные с помощью конъюнкции характеристик Φ_1 и Φ_2 , тем выше вероятность отдельного заключения f_1 . Если условия обобщения не меняются, то более исчерпывающее заключение $f_1 \& f_2$ имеет меньшую вероятность, чем каждое из отдельных заключений.

Как бы ни расходились мнения относительно оценки степени вероятности гипотез, тем не менее совершенно ясно, что методы вероятностной логики приспособлены главным образом для анализа подтверждения отдельных, логически между собой не связанных гипотез. В реальной науке такого рода гипотезы встречаются только тогда, когда мы имеем дело с эмпирической проверкой той или иной теории, но даже здесь приходится учитывать взаимовлияние гипотез друг на друга. Действительно, если гипотеза H_1 влечет гипотезу H_2 , тогда подтверждение последней служит косвенным свидетельством первой. Именно так связаны друг с другом гипотезы в рамках гипотетико-дедуктивной системы. Поэтому по подтверждению эмпирически проверяемых гипотез можно косвенно судить о подтверждении гипотез, которые нельзя проверить непосредственно на опыте. Примеры подобного рода мы уже обсуждали.

Кроме подтверждения логических следствий гипотезы косвенным свидетельством ее правильности, могут служить также случаи подтверждения так или иначе связанных с ней гипотез того же уровня общности. Вот почему степень подтверждения гипотезы, включенной в теоретическую систему, увеличивается в такой мере, что с ней не может сравниться степень вероятности любого числа частных случаев ее подтверждения.

¹ J. M. Keynes. A treatise on probability. London, 1921.

² R. Carnap. Logical foundations of probability. Chicago, 1950.

**Законы и их роль
в научном
исследовании**

Открытие и формулировка законов составляет важнейшую цель научного исследования: именно с помощью законов выражаются существенные связи и отношения предметов и явлений объективного мира. «Закон, — указывает В. И. Ленин, — есть отражение существенно в движении универсума».¹

Все предметы и явления реального мира находятся в вечном процессе изменения и движения. Там, где на поверхности эти изменения кажутся случайными, не связанными друг с другом, наука вскрывает глубокие, внутренние связи, в которых отражаются устойчивые, повторяющиеся, инвариантные отношения между явлениями. Опираясь на законы, наука получает возможность не только объяснять существующие факты и события, но и предсказывать новые. Без этого немыслима сознательная, целенаправленная практическая деятельность.

Путь к закону лежит через гипотезу. Действительно, чтобы установить существенные связи между явлениями, мало одних наблюдений и экспериментов. С их помощью мы можем обнаружить лишь зависимости между эмпирически наблюдаемыми свойствами и характеристиками явлений. Таким путем могут быть открыты только сравнительно простые, так называемые эмпирические законы. Более глубокие научные или теоретические законы относятся к ненаблюдаемым объектам. Такие законы содержат в своем составе понятия, которые нельзя ни непосредственно получить из опыта, ни проверить на опыте. Поэтому открытие теоретических законов неизбежно связано с обращением к гипотезе, с помощью которой пытаются нащупать истинную закономерность. Перелав множество различных гипотез, ученый может

найти такую, которая хорошо подтверждается всеми известными ему фактами. Поэтому в самой предварительной форме закон можно охарактеризовать как хорошо подтвержденную гипотезу.

В своих поисках закона исследователь руководствуется определенной стратегией. Он стремится найти такую теоретическую схему или идеализированную ситуацию, с помощью которой он смог бы в чистом виде представить найденную им закономерность. Иными словами, чтобы сформулировать закон науки, необходимо абстрагироваться от всех несущественных связей и отношений изучаемой объективной действительности и выделить лишь связи существенные, повторяющиеся, необходимые.

Процесс постижения закона, как и процесс познания в целом, идет от истин неполных, относительных, ограниченных к истинам все более полным, конкретным, абсолютным. Это означает, что в процессе научного познания ученые выделяют все более глубокие и существенные связи реальной действительности.

Второй существенный момент, который связан с пониманием законов науки, относится к определению их места в общей системе теоретического знания¹. Законы составляют ядро любой научной теории. Правильно понять роль и значение закона можно лишь в рамках определенной научной теории или системы, где ясно видна логическая связь между различными законами, их применение в построении дальнейших выводов теории, характер связи с эмпирическими данными. Как правило, всякий вновь открытый закон ученые стремятся включить в некоторую систему теоретического знания, связать его с другими, известными уже законами. Это заставляет исследователя постоянно анализировать законы в контексте более широкой теоретической системы.

Поиски отдельных, изолированных законов в лучшем случае характеризуют неразвитую, дотеоретическую стадию формирования науки. В современной, развитой науке закон выступает как составной элемент научной теории, отображающей с помощью системы понятий, принципов, гипотез и законов более широкий фрагмент Действительности, чем отдельный закон. В свою очередь

¹ В. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 29, стр. 137.

¹ С м . В. Н. Голованов. Законы в системе научного знания. М., 1970
163

система научных теорий и дисциплин стремится отобразить единство и связь, существующую в реальной картине мира. «...Понятие закона, — отмечает В. И. Ленин, — есть одна из ступеней познания человеком единства и связи, взаимозависимости и цельности мирового процесса»¹.

1. Логико-гносеологический анализ понятия «научный закон»

Выяснив объективное содержание категории закона, необходимо ближе и конкретнее рассмотреть содержание и форму самого понятия «научный закон». Предварительно мы определили научный закон как хорошо подтвержденную гипотезу. Но не всякая хорошо подтвержденная гипотеза служит законом. Подчеркивая тесную связь гипотезы с законом, мы хотим прежде всего указать на решающую роль гипотезы в поисках и открытии законов науки.

В опытных науках не существует другого пути открытия законов, кроме постоянного выдвижения и проверки гипотез. В процессе научного исследования гипотезы, противоречащие эмпирическим данным, отбрасываются, а те, которые обладают меньшей степенью подтверждения, заменяются гипотезами, имеющими более высокую степень. При этом увеличение степени подтверждения в значительной мере зависит от того, может ли гипотеза быть включена в систему теоретического знания. Тогда о надежности гипотезы можно судить не только по тем эмпирически проверяемым следствиям, которые из нее непосредственно вытекают, но и по следствиям других гипотез, которые в рамках теории логически с ней связаны.

В предыдущей главе было показано, как с помощью гипотетико-дедуктивного метода Галилей открыл закон свободного падения тел. Вначале он, как и многие его предшественники, исходил из интуитивно более очевидной гипотезы, что скорость падения пропорциональна пройденному пути. Однако следствия из этой гипотезы противоречили эмпирическим данным, и поэтому Галилей вынужден был отказаться от нее. Ему потребовалось около трех десятков лет, чтобы найти гипотезу, следст-

вия которой хорошо подтверждались на опыте. Чтобы прийти к верной гипотезе, Кеплеру пришлось проанализировать девятнадцать различных предположений о геометрической орбите Марса. Вначале он исходил из простейшей гипотезы, согласно которой эта орбита имеет форму круга, но такое предположение не подтверждалось данными астрономических наблюдений. В принципе таков общий путь открытия закона. Ученый редко сразу находит верную идею. Начиная с простейших гипотез, он постоянно вносит в них коррективы и вновь проверяет их на опыте. В науках, где возможна математическая обработка результатов наблюдений и экспериментов, такая проверка осуществляется путем сравнения теоретически вычисленных значений с фактическими результатами измерений. Именно таким путем Галилей смог убедиться в правильности своей гипотезы и окончательно сформулировать ее в виде закона свободного падения тел. Этот закон, как и многие другие законы теоретического естествознания, представлен в математической форме, что значительно облегчает его проверку и делает легко обозримой связь между величинами, которую он выражает. Поэтому мы воспользуемся им для того, чтобы уточнить понятие закона, которое по крайней мере используется в наиболее развитых отраслях современного естествознания.

Как видно из формулы

$$S_t = \frac{g t^2}{2} + v_0 t + S_0,$$

закон свободного падения математически выражается с помощью функциональной зависимости двух переменных величин: времени t и пути S . Первую из этих величин мы принимаем в качестве независимой переменной, или аргумента, вторую — зависимой переменной, или функции. В свою очередь эти переменные величины отображают реальную взаимосвязь таких свойств тела, как путь и время падения. Выбрав соответствующие единицы измерения, мы можем выразить эти физические свойства или величины с помощью чисел. Таким путем оказывается возможным подвергнуть математическому анализу взаимосвязь между самыми различными по своей конкретной природе физическими или другими свойствами реальных предметов и процессов. Вся трудность при этом будет состоять не столько в том, чтобы найти подходя-

¹ В. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 29, стр. 135.

щую математическую функцию для отображения зависимости между свойствами, сколько в том, чтобы обнаружить такую связь фактически. Иначе говоря, задача состоит в том, чтобы абстрагироваться от всех несущественных факторов исследуемого процесса и выделить свойства и факторы существенные, основные, определяющие ход процесса. Действительно, интуитивно мы вполне можем допустить, что расстояние, пройденное падающим телом, зависит от его массы, скорости, а может быть, даже и температуры. Однако физический опыт не подтверждает эти предположения.

Вопрос о том, какие факторы оказывают существенное влияние на ход процесса, а от каких можно абстрагироваться, представляет весьма сложную проблему. Не решение связано с выдвижением гипотез и их последующей проверкой. Рассуждая абстрактно, можно допустить бесконечное множество гипотез, в которых учитывалось бы влияние самых различных факторов на процесс. Ясно, однако, что проверить все их экспериментально нет никакой практической возможности. Возвращаясь к закону свободного падения, мы видим, что движение падающего тела всегда происходит единообразным путем и зависит прежде всего от времени. Но в формуле закона встречаются также начальный путь, пройденный телом S_0 , и его начальная скорость V_0 , которые представляют фиксированные величины, или *параметры*. Они характеризуют первоначальное состояние движения какого-либо конкретного физического тела. Если известны эти начальные условия, то мы можем точно описать его поведение в любой момент времени, т. е. в данном случае найти путь, пройденный падающим телом в течение любого промежутка времени.

Возможность абстрагирования законов движения из хаотического множества происходящих вокруг нас явлений, замечает известный американский физик Е. Вигнер, основывается на двух обстоятельствах. Во-первых, во многих случаях удается выделить множество начальных условий, которое содержит все то, что существенно для интересующих нас явлений. В классическом примере свободно падающего тела можно пренебречь почти всеми условиями, кроме начального положения и начальной скорости: его поведение всегда будет одним и тем же, независимо от степени освещенности, наличия вблизи от него других тел, их температуры и т. д. Не менее важное

значение имеет то обстоятельство, что при одних и тех же существенных начальных условиях результат будет одним и тем же независимо от того, где и когда мы их реализуем. Иначе говоря, абсолютное положение и время никогда не являются существенными начальными условиями. Это утверждение, продолжает Вигнер, стало первым и, может быть, наиболее важным принципом инвариантности в физике. Не будь ее, мы бы не могли открывать законы природы¹.

Существование устойчивых, постоянных инвариантных отношений среди беспрестанно изменяющихся свойств, признаков и характеристик предметов и явлений служит основой для выделения или абстрагирования законов. При этом безразлично, идет ли речь о свойствах отдельно взятого предмета или различных предметов. Как сами предметы, так и их свойства не остаются одинаковыми, они испытывают различные изменения, которые в естественных науках описываются с помощью переменных величин. Как бы ни менялись свойства и характеристики предметов и процессов, в их изменении всегда можно выделить некоторые устойчивые, постоянные отношения. Хотя расстояние, пройденное падающим телом, непрерывно изменяется с течением времени, отношение пути к квадрату времени остается постоянным. Эта постоянная величина представляет ускорение свободно падающего тела. В более общем, втором законе Ньютона ускорение изменяется пропорционально действующей силе:

$$F = ma,$$

где F — сила, m — масса, a — ускорение.

Однако и здесь отношение силы к ускорению

$$\frac{F}{a} = m$$

представляет величину постоянную, численно равную массе тела.

Все эти примеры показывают, что там, где возможно количественное измерение исследуемых величин, понятие закона выражает постоянное, инвариантное отношение между переменными величинами, которое в свою очередь отображает существование постоянных, устойчивых отношений между определенными свойствами, признаками и характеристиками реальных предметов и процессов. Такое уточнение является конкретизацией общего поня-

¹ Е. Вигнер. Этюды о симметрии. М., 1971. стр. 9—10.

тия закона в отношении к тем наукам, законы которых могут быть выражены на языке математики.

Обратимся теперь к анализу логической структуры высказываний, выражающих законы науки. Первой, чаще всего бросающейся в глаза особенностью законов является их общность, или универсальность, в каком-либо отношении. Эта черта ясно видна при сопоставлении законов с фактами. В то время как факты являются единичными утверждениями об отдельных вещах и их свойствах, законы характеризуют устойчивые, повторяющиеся, общие отношения между вещами и их свойствами. В простейших случаях закон представляет обобщение эмпирически наблюдаемых фактов и поэтому может быть получен индуктивным путем. Но так обстоит дело только с эмпирическими законами. Более сложные, теоретические законы возникают, как правило, из гипотез. Поэтому наиболее очевидным условием, чтобы гипотеза стала законом, является требование, чтобы эта гипотеза была хорошо подтверждена фактами. Однако хорошо подтвержденная гипотеза не обязательно выражает закон. Она может представлять и предсказание какого-либо отдельного явления или события и даже какого-то нового факта. Вот почему необходимо внимательнее рассмотреть логическую форму тех высказываний, которые называют законами науки.

Первый критерий, который относится скорее к количественной характеристике высказываний, дает нам возможность отличать законы от фактов. Как мы уже отметили, факты всегда выражаются с помощью единичных утверждений, законы же формулируются с помощью общих высказываний. В каком же смысле можно говорить об общности, или универсальности, высказываний? В науке выделяют, по крайней мере, три таких смысла, когда говорят о высказываниях, выражающих ее законы.

Во-первых, общность, или универсальность, может относиться к понятиям или терминам, встречающимся в высказывании о законе. Такую общность называют концептуальной или понятийной. Если все понятия, входящие в формулировку закона, являются общими, или универсальными, то и сам закон считается универсальным. Эта особенность присуща наиболее общим, универсальным и фундаментальным законам. К числу таких законов следует отнести в первую очередь законы материалистической диалектики. Наряду с ними фундаментальными

считают и многие законы природы, такие, как закон всемирного тяготения, сохранения энергии, заряда и другие. В фундаментальных законах все понятия являются универсальными по объему, и поэтому в них не встречаются индивидуальные термины и константы. Так, закон всемирного тяготения устанавливает существование гравитационного взаимодействия между любыми двумя телами во Вселенной. Но многие законы естествознания имеют форму частных, или экзистенциальных, утверждений. Поэтому в них наряду с универсальными терминами встречаются также и термины, характеризующие индивидуальные тела, события или процессы. Например, законы Кеплера, описывающие движение планет Солнечной системы, не относятся к фундаментальным, так как содержат в своем составе термины, обозначающие Солнце, планеты и некоторые частные константы. Законы геофизики отображают процессы, которые происходят на Земле. Законы биологии относятся только к живой материи, а законы психологии — к функционированию сознания. Мы не касаемся здесь статистических законов, начинающих играть все более существенную роль в современной науке. Эти законы также не являются фундаментальными, поскольку они выражаются в форме экзистенциальных утверждений.

Все приведенные примеры достаточно ясно показывают, что требование концептуальной, или понятийной, универсальности нельзя считать ни необходимым, ни достаточным условием закона. Очень часто в законе вместе с универсальными понятиями (терминами) встречаются также термины частного или даже индивидуального характера. Строго универсальными и фундаментальными кроме законов материалистической диалектики являются лишь некоторые законы физики и химии, в которых отображаются наиболее общие свойства материи. И все же признак общности, универсальности в каком-либо отношении представляет характерную черту всех законов. В противном случае нельзя было бы даже говорить о законе как о существенной, устойчивой, повторяющейся связи свойств и отношений реального мира. Эта общность может выражаться по-разному, начиная от законов, имеющих строго универсальный или почти универсальный характер, и кончая законами, относящимися к довольно узкой области явлений. Но какова бы ни была эта общность, тенденция к универсализации законов доста-

точно ясно прослеживается в философской литературе и она помогает нам понять природу современной науки.

В связи с этим вполне целесообразно разделение законов на *фундаментальные* и *производные*. Фундаментальные законы должны удовлетворять требованию концептуальной универсальности: они не должны содержать никаких частных, индивидуальных терминов и констант, ибо иначе не смогут служить в качестве посылок для выводов. Производные законы можно вывести из фундаментальных вместе с необходимой для этого дополнительной информацией, содержащей характеристику параметров системы или процесса. Так, например, законы Кеплера можно логически вывести из закона всемирного тяготения и основных законов классической механики вместе с необходимой для этого эмпирической информацией о массах, расстояниях, периодах обращения планет и другими характеристиками.

Второй смысл понятия универсальности законов касается их пространственно-временной общности. Часто законы называют фундаментальными или универсальными также потому, что они применяются к соответствующим объектам или процессам, независимо от времени и места. В физике и химии к таким законам относят законы, являющиеся универсальными относительно пространства и времени. Как впервые подчеркнул выдающийся английский ученый Д. К. Максвелл, основные законы физики ничего не говорят об индивидуальном положении в пространстве и времени. Они являются совершенно общими относительно пространства и времени¹. Максвелл был твердо убежден в том, что сформулированные им законы электромагнетизма в форме математических уравнений являются универсальными во Вселенной и поэтому выполняются и на Земле, и на других планетах, и в космосе. В отличие от этого частные законы применимы лишь в определенной области пространства-времени. Признак пространственно-временной универсальности явно не подходит, например, к законам геологии, биологии, психологии и ко многим другим, которые действительно не всюду в пространстве и времени, а лишь в тех или иных ограниченных областях. В связи с этим кажется целесообразным различать законы *универсальные в пространстве и времени*, *региональ-*

ные и *индивидуальные*. К универсальным будут относиться законы физики и химии, имеющие фундаментальный характер. К региональным можно отнести многие законы биологии, психологии, социологии и других наук. Такие законы выполняются лишь в более или менее ограниченных областях (регионах) пространства-времени. Наконец, индивидуальные законы отображают функционирование и развитие какого-либо фиксированного в пространстве объекта с течением времени. Так, законы геологии выражают существенные отношения процессов, происходящих на Земле. Даже многие законы физики и химии, не говоря уже о биологии, по сути дела, связаны с изучением процессов, происходящих на Земле. И хотя современная наука раскрыла немало тайн Вселенной, все же в значительной мере, как указывает Ф. Энгельс, «вся наша официальная физика, химия, биология исключительно *геоцентричны*, рассчитаны только для Земли»¹.

Третий смысл понятия универсальности закона связан с возможностью *квантификации* суждения, выражающего закон. Строго универсальные или фундаментальные законы, справедливые для всех частных случаев их проявления, логически можно выразить с помощью высказываний с универсальным квантором. Все производные и региональные законы, которые действительно лишь для определенного числа случаев, представляются в форме высказываний с экзистенциальным квантором, или квантором существования. При этом для символической логики совершенно безразлично, идет ли речь об одном или нескольких и даже почти всех случаях закона. Экзистенциальный квантор постулирует возможность, что существует по крайней мере один случай, для которого выполняется закон. Но такой абстрактный подход неадекватно отражает положение дел в эмпирических науках, где высказывания, справедливые для большинства или почти всех случаев, часто рассматриваются как подлинны законы. Мы не говорим уже о статистических законах, которые относятся только к определенному проценту случаев. Что касается самой логической структуры высказываний, выражающей законы науки, то вслед за Б. Расселом многие специалисты по логике и методологии науки представляют ее в виде общей импликации.

¹ См. Р. Карнап. Философские основания физики, стр. 282.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 553.

Иначе говоря, всякий закон науки с этой точки зрения можно рассматривать как условное высказывание с квантором общности. Так, например, закон теплового расширения тел символически можно представить так:

$$(x) (Ax \supset Bx)$$

где \supset — знак импликации, (x) обозначает универсальный квантор, x — переменную, относящуюся к любому телу, A — свойство «быть нагретым» и B — свойство «расширяться». Словесно: для всякого тела x , если это x нагревается, то оно расширяется.

Представление высказываний, выражающих законы в форме условного утверждения или, точнее, материальной импликации, обладает рядом преимуществ. Во-первых, условная форма утверждений ясно показывает, что в отличие от простого описания реализация закона связана с выполнением определенных требований. Если имеются соответствующие условия, то закон реализуется. Во-вторых, когда закон представлен в форме импликации высказываний, то в нем совершенно точно можно указать необходимые и достаточные условия реализации закона. Так, для того чтобы тело расширилось, достаточно нагреть его. Таким образом, первая часть импликации, или ее антецедент Ax служит достаточным условием для реализации ее второй части, или консеквента Bx . В-третьих, условная форма высказываний, выражающих законы науки, подчеркивает важность конкретного анализа необходимых и достаточных условий реализации закона. В то время как в формальных науках для установления правильности импликации достаточно чисто логических средств и методов, в эмпирических науках для этого приходится обращаться к исследованию конкретных фактов и ситуаций. Например, заключение о том, что длина металлического стержня увеличивается при его нагревании, вытекает не из принципов логики, а из эмпирических фактов, объясняемых соответствующей теорией. Точное разграничение необходимых и достаточных условий осуществления закона побуждает исследователя искать и анализировать факты, которые обосновывают эти условия.

Поскольку импликация по сути дела представляет логическую формализацию содержательных высказываний, то с нею связан также ряд трудностей, которые часто характеризуют как парадоксы импликации. В содержа-

тельных рассуждениях посылки и заключение вывода однотипны по своей природе, поэтому кажутся странными импликации типа: «Если у льва есть когти, то снег бел». Равным образом кажется неприемлемым положение о том, что истинное высказывание может быть получено из какого угодно другого высказывания: и истинного и ложного. Между тем все эти импликации считаются правильными в логике. Выход из этих трудностей многие исследователи ищут на путях модификации существующей формы импликации. Другие считают, что парадоксы не могут возникнуть в эмпирических науках, поскольку здесь фактически не выводятся заключения из ложных посылок. Несмотря на эти трудности, представление законов науки в форме импликаций символической логики позволяют выявить ряд их особенностей, которые остаются в тени при других способах их выражения.

Возможность представления законов науки в форме импликации высказываний отнюдь не означает того, что все импликации выражают законы. Существует бесчисленное множество универсальных условных высказываний, которые могут быть представлены как импликации, тем не менее не являющихся законами. Вся трудность возникающей здесь проблемы состоит в том, чтобы найти критерии, с помощью которых можно было бы отличать подлинные законы от универсальных высказываний случайного типа.

В последние десятилетия за рубежом появилась обширная литература, посвященная этой проблеме. Нельсон Гудмэн считает отличительной особенностью законов науки то, что из них могут быть выведены условные контрафактические высказывания. Такие высказывания описывают не то, что фактически произошло в действительности, а то, что могло бы произойти, если бы этому не помешали некоторые обстоятельства. Так, например, высказывание: «Если бы я не держал камень в руке, то он упал бы на землю» — будет условным контрафактическим. Мы верим в него потому, что оно опирается на закон свободного падения тел. Закон может быть выражен ясно или подразумеваться, но он всегда предполагается при обосновании условных контрафактических высказываний.

В отличие от высказываний, выражающих законы науки, из универсальных высказываний случайного характера нельзя вывести обоснованные условные контрафак-

тические утверждения. Так, например, из высказывания: «Все монеты в моем кармане — медные» — вовсе не следует утверждение: «Если бы эта монета лежала в моем кармане, то она была бы медной». Между веществом монеты и местом ее нахождения не существует необходимой связи. Вот почему универсальные высказывания, отличные от законов, обычно характеризуют как случайные.

Необходимый характер реальных связей и отношений, отображаемых в законах науки, в конечном итоге обуславливает отличие законов от случайных универсальных высказываний. Не удивительно поэтому, что с необходимостью как важнейшей чертой законов вынуждены считаться и многие буржуазные исследователи, далекие от марксизма. Так, например, Э. Нагель в монографии «Структура науки» отмечает, что высказывание о законе содержит в себе известный элемент необходимости¹. Приведя в качестве иллюстрации закон: «Медь при нагревании расширяется», — он замечает, что это высказывание называют законом природы не только потому, что никогда не может существовать какого-либо куска нагретой меди, который бы не расширился. Существование такого куска «физически невозможно»: нагревание меди с «физической необходимостью» вызывает его расширение. Г. Мельберг, анализируя отличие универсальных высказываний случайного характера от законов, в своей книге «Сфера науки» замечает, что «первым не хватает качества необходимости, часто ассоциируемой с научными законами»². Возникает вопрос: о какой необходимости идет речь, когда говорят о законе? Нагель склоняется к мысли, что рассматриваемая необходимость должна иметь логический характер, хотя и признает, что эта точка зрения «приводит к серьезным трудностям»³. Действительно, в таком случае отрицание закона должно приводить к логическому противоречию, чего на самом деле не происходит. Самое главное — подобный взгляд делает излишними эмпирические исследования, ибо если необходимость законов природы отождествляется с логической необходимостью, то для ее установления доста-

¹ E. Nagel. The Structure of Science. Problems in the Logic of Scientific Explanation. New York — London, 1961, p. 51.

² H. Mehlberg. The Reach of Science. Toronto, 1958, p. 187.

³ E. Nagel. The Structure of Science. Problems in the Logic of Scientific Explanation, p. 51.

точно чисто логических средств и методов. Все это показывает, что необходимость, присущая законам природы, носит другой характер. Не случайно поэтому целый ряд зарубежных логиков предпринял попытку проанализировать ее с помощью контрафактических высказываний и номологических утверждений. О контрафактических высказываниях мы уже говорили. В модальной логике наряду с логической необходимостью исследуются другие типы необходимости, и в частности каузальная необходимость, обычно связываемая с законами науки. Номологические утверждения были введены в логику науки Г. Рейхенбахом специально для характеристики высказываний, выражающих законы природы. Попытаемся в самом общем виде оценить эти новые подходы к проблеме определения законов науки.

Р. Карнап в своей последней книге «Философские основания физики» предложил следующий способ для отличия законов науки от универсальных высказываний случайного характера.

Во-первых, он делит все высказывания на два класса: 1) утверждения, имеющие форму основного закона, или комическую форму¹, и 2) утверждения, не обладающие такой формой. Различие между ними может быть установлено чисто логическими методами, исключительно на основе анализа *формы* утверждений. Чтобы стать подлинным законом, высказывание, кроме номической формы, должно быть еще истинным. Поэтому Карнап определяет «основной закон природы как утверждение, имеющее номическую форму и в то же время истинное»².

Во-вторых, он предлагает называть *каузально истинным* любое утверждение, которое представляет логическое следствие класса всех основных законов. Если это утверждение является универсальным по форме, то оно будет законом, либо основным, либо производным. С этой точки зрения, различие между производными законами и универсальными высказываниями случайного характера будет сводиться к тому, что первые представляют логическое следствие основных законов, вторые — нет. Однако, как мы уже видели, далеко не все неосновные законы могут быть выведены из основных. Главная же

¹ От греческого *νόμος* — закон.

² Р. Карнап. Философские основания физики, стр. 284.

трудность состоит в том, чтобы дать точное определение основного закона исходя только из анализа его логической формы. Сам Карнап вынужден признать, что эта проблема еще далека от разрешения. Поэтому подход, указанный им, представляет в лучшем случае программу дальнейшего исследования, которая, на наш взгляд, не может быть успешной без учета гносеологической характеристики и методологической функции закона.

Интересную попытку формализации высказываний, выражающих законы науки, предпринял Г. Рейхенбах. Он считает, что обычная, аналитическая импликация символической логики скорее подходит для выражения отношений между структурными формами в математике. Такая импликация может быть установлена без обращения к анализу конкретного, эмпирического содержания ее терминов. В физике, однако, приходится обращаться к другой форме импликации, которая имеет место «между предложениями, обладающими специфическим (частным) эмпирическим значением, и установление которой в любом частном случае связано с опытом»¹. Так, закон теплового расширения не может быть получен из логического анализа значения терминов, встречающихся в этом законе, таких, как «тело», «температура», «расширение». Эта синтетическая импликация, по мнению Рейхенбаха, может служить средством для выражения законов природы. Хотя ее правильность и не имеет тавтологического характера, а детерминируется опытом, тем не менее она является универсально истинной.

Все импликации, выражающие законы, Рейхенбах называет *помологическими*². Аналитические помологические импликации, представляющие всегда истинные формулы, или тавтологии, выражают законы логики. Они являются формализацией логического следования. Физическое же следование, по мысли Рейхенбаха, формализуется посредством синтетической номологической импликации. Именно в виде такой импликации выражаются законы природы, будь то законы физики, химии или биологии. Точка зрения, развиваемая Рейхенбахом, интересна в том отношении, что она ясно показывает неадекват-

¹ H. Reichenbach. Elements of Symbolic Logic. New York, 1947, p. 355.

² H. Reichenbach. Nomological Statements and Admissible Operations. Amsterdam, 1954, p. 1.

ность обычного представления законов науки в форме общей импликации символической логики.

Существенный недостаток многих зарубежных исследований, посвященных проблеме закона, состоит в том, что они сосредоточивают все внимание почти исключительно на анализе логической структуры высказываний, выражающих законы. Между тем для определения закона и его роли в науке не менее важными являются его гносеологический анализ и та методологическая функция, которую он осуществляет в общей системе научного знания.

В методологическом отношении важнейшее требование, предъявляемое к гипотезе, чтобы она стала законом, состоит в возможности ее отнесения к некоторой теории. Этот признак позволяет отличать обобщения, которые делаются в обыденном познании и даже на эмпирической стадии исследования, от подлинных законов науки. По своей логической форме эмпирические обобщения представляют универсальные высказывания, но их надежность и познавательная ценность сравнительно невелики, ибо они остаются обособленными, изолированными утверждениями. Другое дело — законы науки. В развитых науках законы объединяются в единое целое в рамках определенной теории, представляющей *систему* взаимосвязанных принципов, законов и гипотез. Благодаря логической связи между отдельными компонентами теории становится возможным выводить производные законы из основных, а эмпирические — из теоретических.

Важность рассматриваемого требования станет ясной, если учесть, что включение хорошо подтвержденной гипотезы в рамки некоторой научной теории еще в большей мере повышает ее надежность. Если гипотеза войдет в состав теории, тогда о ее подтверждении, как мы уже отмечали, можно будет судить не только по непосредственно относящимся к ней фактам, но и фактам, подтверждающим другие утверждения теории, логически связанным с гипотезой.

Законы науки вместе с другими принципами, утверждениями и гипотезами представляют определенную систему, построенную на основе некоторой иерархии, согласно которой менее общие по форме и логически более слабые по содержанию законы выводятся из законов более общих и логически более сильных. На эмпирической стадии исследования выявляются отдельные обобщения

и открываются эмпирические законы. Однако процесс исследования на этом, естественно, не останавливается. Отдельные, в первое время кажущиеся изолированными эмпирические законы стараются вывести из теоретических, а менее общие — из более общих. Именно в этих целях и становится необходимым обращение к научной теории, в рамках которой, строго говоря, и оказывается возможным осуществить логическую дедукцию одних законов из других вместе с необходимой для этого дополнительной информацией.

2. Эмпирические и теоретические законы

Классификация научных законов может производиться по самым различным признакам или, как принято говорить в логике, основаниям деления. Наиболее естественной кажется классификация по тем областям действительности, к которым относятся соответствующие законы. В естествознании такими областями являются отдельные формы движения материи или ряд связанных между собой форм. Так, например, механика исследует законы движения тел под воздействием сил, физика — закономерности молекулярно-кинетических, электромагнитных, внутриатомных и других процессов, которые в совокупности и составляют физическую форму движения материи. Биология занимается изучением специфических законов органической жизни. Биофизика исследует закономерности физических процессов в живых организмах, а биохимия — химические особенности этих процессов. Социальные или гуманитарные науки изучают закономерности тех или иных сторон или явлений развития общества.

Классификация законов по формам движения материи по сути дела совпадает с общей классификацией наук. И хотя она весьма существенна как отправной пункт анализа, но нуждается в дополнении классификациями, выделяющими те или иные гносеологические, методологические и логические особенности и признаки научных законов.

Из других классификаций наиболее важными нам представляются классификации по уровню абстрактности понятий, используемых в законах, и по типу самих законов. Первая из них основана на делении законов на

эмпирические и теоретические. Эмпирическими законами принято называть законы, которые подтверждаются наблюдениями или специально поставленными экспериментами. Большинство наших повседневных наблюдений приводит нас к индуктивным обобщениям, которые во многом аналогичны эмпирическим законам науки. Так же как и последние, эти обобщения относятся к таким свойствам, которые можно воспринимать с помощью органов чувств. Однако эмпирические законы науки являются гораздо более надежными, чем простые обобщения повседневного опыта. Это объясняется тем, что законы чаще всего устанавливаются с помощью экспериментов и с использованием специальной измерительной техники, благодаря чему обеспечивается значительно большая точность при их формулировке. На развитой стадии науки отдельные эмпирические законы связываются в единую систему в рамках теории, а самое важное — они могут быть логически выведены из более общих теоретических законов.

С теоретико-познавательной точки зрения имеется, однако, один общий признак, который присущ как эмпирическим законам, так и индуктивным обобщениям повседневного опыта: и те и другие имеют дело с чувственно познаваемыми свойствами предметов и явлений. Вот почему в немарксистской литературе эмпирические законы часто называют законами о *наблюдаемых* объектах. При этом термин «наблюдаемый» рассматривается в достаточно широком объеме. К наблюдаемым объектам относят не только те предметы и их свойства, которые воспринимаются непосредственно с помощью органов чувств, но и опосредованно — с помощью различных приборов и инструментов. Так, звезды, наблюдаемые в телескоп, или клетки, которые изучаются с помощью микроскопа, считаются наблюдаемыми, в то время как молекулы, атомы и «элементарные» частицы относят к объектам ненаблюдаемым: об их существовании мы заключаем по косвенным свидетельствам.

По мнению Р. Карнапа, эмпирические законы «представляют собой законы, которые содержат либо непосредственно наблюдаемые термины, либо измеряемые сравнительно простой техникой»¹. Другими словами, понятия или термины, встречающиеся в этих законах, от-

¹ Р. Карнап, *Философские основания физики*, стр. 303.

носятся к таким свойствам и отношениям, которые могут быть установлены на стадии эмпирического исследования. Такие исследования предполагают не только систематические наблюдения, но и измерения и специально поставленные эксперименты.

Исследователь многократно наблюдает определенную повторяемость, регулярность в природе, устанавливает зависимость между некоторыми свойствами предметов и явлений, ставит эксперименты и проводит измерения и таким путем приходит к открытию эмпирического закона. Подобным образом были найдены, например, известные из физики законы Бойля — Мариотта, Гей-Люссака и Шарля, которые устанавливают зависимость между давлением, объемом и температурой газов. Правда, уже здесь приходится обращаться к гипотезе и абстракции, чтобы отделить существенные факторы от несущественных и вводить необходимые упрощения и идеализации. Но во всех этих законах речь идет о действительно наблюдаемых и измеряемых свойствах газов. Самое же главное состоит в том, что все эти законы устанавливают лишь функциональную связь между свойствами, но не объясняют, почему она существует. Так, закон Бойля—Мариотта определяет, что давление газа обратно пропорционально его объему, но не объясняет природу этой зависимости.

Чтобы понять ее и, следовательно, объяснить эмпирические законы, мы вынуждены обратиться к *теоретическим* законам, которые в немарксистской литературе часто называют законами о *ненаблюдаемых* объектах. Так, для объяснения вышеупомянутых законов о газах мы обращаемся к принципам и законам молекулярно-кинетической теории, которые опираются на представления о существовании и движении таких мельчайших частиц вещества, как молекулы. Особенности движения молекул при различных состояниях в конечном итоге и объясняют эмпирические законы о газах. Например, обратная пропорциональность между объемом и давлением газа объясняется тем, что при уменьшении объема возрастает интенсивность удара молекул о стенки сосуда, в котором заключен газ. Бесчисленное множество таких микроэффектов видимым образом проявляется как увеличение давления газа на стенки сосуда.

Нередко в литературе по методологии науки существенное отличие эмпирических законов от теорети-

ческих сводят обычно к отличию между объектами наблюдаемыми и ненаблюдаемыми, такими, как молекулы, атомы и т. п. частицы¹. Такой взгляд имеет определенные основания, в частности в физике, где при характеристике теоретических законов обращаются к терминам, которые относятся к ненаблюдаемым объектам. Но фактически все теоретические понятия — идет ли речь о понятиях математики, естествознания или социальных наук — отображают ненаблюдаемые в реальной действительности объекты. На самом деле, ни понятие прямой в геометрии, ни математического маятника в механике, ни силы тока в физике, ни понятие стоимости в политической экономии нельзя созерцать чувственно. В лучшем случае мы можем наблюдать некоторые проявления свойств, фиксируемых в указанных понятиях. Так, о силе тока мы судим по показаниям амперметра, стоимость товаров обнаруживается при обмене и т. д. Все это свидетельствует о том, что отличие теоретических законов от эмпирических проявляется прежде всего в характере тех методов, которые используются для их открытия.

Эмпирические законы, как показывает само их название, обнаруживаются на опытной, эмпирической стадии исследования. В этих целях наряду с наблюдением и экспериментом обращаются, конечно, и к теоретическим методам, таким, как индукция и вероятность, вместе с соответствующей математической техникой.

Теоретические законы никогда не могут быть открыты с помощью индуктивного обобщения частных фактов и даже существующих эмпирических законов. Причина этого состоит в том, что они имеют дело не с чувственно воспринимаемыми свойствами вещей и явлений, а с глубокими внутренними механизмами процессов. Здесь мы должны внести уточнение в прежнюю формулировку, где различие между теоретическими и эмпирическими законами сводилось к различию методов, используемых для открытия законов. Фактически, при более глубоком анализе оказывается, что само это различие имеет свои объективные основания в степени проникновения в сущность исследуемых процессов. Поэтому соотношение между теоретическими и эмпирическими законами можно рассматривать как выражение отношения между сущностью и явлением.

¹ См. Р. Карнап. *Философские основания физики*, стр. 303—304.

Теоретические законы проявляются через эмпирические, с их помощью они получают свое подтверждение и эмпирическое обоснование. В свою очередь эмпирические законы могут быть объяснены и поняты только на основе теоретических. Такое объяснение очень часто сводится к логической дедукции эмпирического закона из теоретического вместе с необходимой для этого дополнительной информацией. Все это дает нам основание утверждать, что теоретический закон по отношению к эмпирическому выступает как сущность к явлению. Такое же отношение существует и между эмпирическим законом и теми фактами, которые он систематизирует и объясняет.

Возникает вопрос: в какой связи находятся сущности, выражаемые с помощью эмпирического и теоретического законов? Характеристика закона как отражения «существенного в движении универсума»¹ поможет нам разобраться в этой связи, а также в гносеологическом отличии эмпирических законов от теоретических.

По отношению к отдельным, конкретным, частным фактам и эмпирические и теоретические законы выступают как сущности явлений. Однако сущность, выражаемая в теоретическом законе, имеет более глубокий характер, ибо по отношению к частным фактам она представляет сущность второго порядка, в то время как эмпирические законы выступают для них сущностью первого порядка. «...Закон и сущность,—указывает В. И. Ленин, — понятия однородные (однопорядковые) или вернее, одностепенные, выражающие углубление познания человеком явлений, мира etc»². Поскольку теоретический закон по отношению к эмпирическому выступает, как сущность к явлению, то его открытие не может быть достигнуто на эмпирической стадии исследования. Какое бы количество эмпирической информации мы ни имели, в том числе и информации, сконденсированной в эмпирических законах, непосредственно с их помощью мы не можем открыть теоретический закон. Для этого необходим скачок от эмпирии к теории. Ученый строит догадки, делает предположения, выдвигает гипотезы и тщательно проверяет их на опыте, пока не придет к установлению закона.

¹ В. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 29, стр. 137.

² Там же, стр. 136.

Не существует никакого чисто логического пути от фактов к закону. И это вполне понятно, ибо «если бы форма проявления и сущность вещей непосредственно совпадали, то всякая наука была бы излишня...»¹. Но без эмпирической информации невозможно было бы проверить как эмпирические, так и теоретические законы. Связь эмпирических законов с фактами довольно ясна: по сути дела эти законы систематизируют и объясняют факты. Подобным же образом теоретические законы связывают в единое целое эмпирические законы и объясняют их. Такое объяснение принимает форму вывода эмпирических законов из теоретических. Конечно, непосредственно вывести эмпирический закон из теоретического невозможно, так как эмпирические понятия, или термины, не встречаются при формулировке теоретических законов, ибо последние имеют дело с ненаблюдаемыми, абстрактными объектами, свойствами и величинами. Эмпирические же законы выражают связи между наблюдаемыми, конкретными предметами, свойствами и величинами. По этой же причине теоретические понятия, или термины, в принципе не могут быть определены или сведены к эмпирическим. Вот почему оказались бесплодными усилия позитивистов Венского кружка перестроить всю науку с помощью редукции всех теоретических понятий и законов к эмпирическим терминам и законам.

В каком же смысле мы можем тогда говорить о выводе эмпирических законов из теоретических? Для такого вывода необходимо прежде всего установить связь между теоретическими и эмпирическими терминами. Поскольку теоретический термин нельзя определить с помощью эмпирического, то речь может идти только об установлении определенного соответствия между ними. Между тем в литературе по методологии и логике науки нередко можно встретить утверждения о возможности операционального определения теоретических понятий (П. Бриджмен) или установления «соотносительных определений» (Г. Рейхенбах). В действительности же ни о каком определении теоретических понятий с помощью эмпирических говорить здесь не приходится. Пожалуй, ближе всего связь между теоретическими и эмпирическими терминами может быть пояснена с помощью представлений о словаре и интерпретации. В самом деле,

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс Соч., т. 25, ч. II, стр. 384.

когда мы истолковываем среднекинетическую энергию молекул газа как его температуру, то по сути дела переводим или интерпретируем эмпирически ненаблюдаемый термин — кинетическую энергию молекул — посредством эмпирического термина — температуры. Температура тела может не только восприниматься на ощупь, но и точно измерена. А это имеет немаловажное значение для определения тех параметров, которые встречаются в уравнениях, связывающих между собой величины, относящиеся к ненаблюдаемым объектам. В противном случае мы не имели бы никакой возможности проверить теоретические законы.

Соотношение между теоретическими и эмпирическими законами во многом аналогично отношению между абстрактными геометрическими системами и интерпретированными, или конкретными, геометриями. Изучая геометрию Евклида в школе, мы обычно связываем с такими ее основными понятиями, как «точка», «прямая» и «плоскость», определенные пространственные представления. Так, точку можно представлять в виде крохотного пятнышка на бумаге, прямую линию — как путь светового луча в пустоте или же тонкую натянутую нить, плоскость — как идеально ровную поверхность. Все эти образы представляют лишь интерпретации основных понятий геометрии, но отнюдь не их определения. С равным успехом мы могли бы избрать в качестве таких интерпретаций объекты совершенно другого рода: например, точку определить с помощью трех действительных чисел, прямую — с помощью линейного уравнения и т. д. Важно, чтобы свойства рассматриваемых объектов удовлетворяли соответствующим аксиомам геометрии. Вот почему в абстрактной геометрии хотя и пользуются терминами «точка», «прямая» и «плоскость», но не связывают с ними каких-либо конкретных образов, а тем более не определяют основные геометрические понятия с помощью этих образов.

Аналогичное положение существует и в наиболее развитых отраслях естествознания. Здесь также теоретические термины связываются с эмпирическими, с той, однако, существенной разницей, что для интерпретации теоретических терминов мы должны располагать знанием о конкретном механизме связи между ненаблюдаемыми объектами теории. Действительно, для того чтобы установить соответствие между средней кинетической энер-

гией молекул газа и его температурой, мы должны допустить существование мельчайших частиц газа — молекул и дополнительно к этому руководствоваться определенными гипотезами о характере движения этих частиц. Конечно, на первых порах теоретические модели оказываются весьма приближенными. Так, например, молекулы первоначально уподобляли бильiardным шарикам, а законы их столкновения сводили к механическим законам удара идеально упругих тел. Постепенно, по мере того как обнаруживалось несоответствие между предсказаниями теории и результатами опыта, вносились уточнения и исправления в теоретические представления и таким образом достигалось лучшее описание и объяснение соответствующих явлений.

Развитие естествознания со всей убедительностью свидетельствует о том, что переход от многочисленных эмпирических обобщений и законов к сравнительно небольшому числу фундаментальных теоретических законов и принципов содействует более углубленному и адекватному постижению сущности исследуемых явлений. Одновременно с этим происходит также концентрация информации об этих явлениях. Вместо многих десятков и даже сотен различных обобщений и эмпирических законов наука открывает несколько теоретических законов фундаментального характера, с помощью которых оказывается возможным объяснить не только сотни эмпирических законов, но и огромное количество самых разнообразных фактов, которые на первый взгляд кажутся совершенно не связанными друг с другом. Так, например, когда Ньютону с помощью законов движения и гравитации удалось связать воедино движение земных и небесных тел, то тем самым было покончено с прежними представлениями о делении мира на «земной» и «небесный», подчиняющихся якобы совершенно различным законам.

Поиски фундаментальных теоретических законов характеризуют стремление к познанию взаимосвязи и единства материального мира. Самая главная трудность, с которой здесь встречаются ученые, состоит в том, чтобы найти такие общие принципы, из которых с помощью некоторых правил соответствия можно вывести логически эмпирически проверяемые законы. Этой цели в значительной мере были посвящены усилия А. Эйнштейна в последние десятилетия его жизни. Стремление установить связь между электромагнетизмом и гравитацией

привело его к идее создания единой теории поля. Однако до сих пор основным недостатком этой теории продолжает оставаться то, что с ее помощью не удалось вывести какие-либо эмпирически проверяемые законы. Такие же недостатки присущи попыткам создания единой теории материи, предпринятым В. Гейзенбергом в последние годы. Однако эти неудачи не обескураживают исследователей, ибо они сознают необычайную сложность самой проблемы.

3. Динамические и статистические законы

Если основой дихотомического деления законов на теоретические и эмпирические является их различное отношение к опыту, то другая важная их классификация основывается на характере тех предсказаний, которые вытекают из законов. В законах первого типа предсказания носят точно определенный, однозначный характер. Так, если задан закон движения тела и известны его положение и скорость в некоторый момент времени, то по этим данным можно точно определить положение и скорость тела в любой другой момент времени. Законы такого типа в нашей литературе называют *динамическими*¹. В зарубежной литературе их чаще всего именуют детерминистическими законами, хотя такое название, как мы увидим ниже, вызывает серьезные возражения.

В законах второго типа, которые получили название *статистических*, предсказания могут быть сделаны лишь вероятностным образом. В таких законах исследуемое свойство, признак или характеристика относятся не к каждому объекту или индивидууму, а ко всему классу, или популяции в целом. Так, когда говорят, что в данной партии продукции 90% изделий отвечает требованиям стандартов, то это вовсе не означает, что каждое изделие обладает 90% качеством. Само выражение в процентах показывает, что речь здесь идет лишь о некоторой части или пропорции из общего числа изделий, которые соответствуют стандарту. Об отдельном же изделии без дополнительного исследования мы не можем заранее сказать, является оно качественным или нет. Этот элементарный пример достаточно ясно иллюстрирует основную

особенность всех статистических законов, предсказания которых относительно отдельных индивидуумов или случаев имеют неопределенный характер. Именно эта неопределенность и заставляет исследователя вводить вероятностные понятия и методы для определения и оценки исхода индивидуальных событий массового случайного типа.

Уже *классическая* концепция вероятности, 'нашедшая наиболее полное выражение в трудах П. С. Лапласа, дает возможность оценивать исходы простейших массовых событий случайного характера. В этой концепции вероятность интерпретируется как «отношение числа случаев благоприятствующих к числу всех возможных случаев»¹. При этом, конечно, предполагается, что различные случаи являются равновероятными. Однако такая интерпретация имеет довольно ограниченную область применения. Действительно, равновероятных событий, о которых говорится в вышеприведенном определении вероятности, может просто не быть. Азартные игры, которые исторически явились первой моделью для применения и разработки классической концепции вероятности, специально организованы таким образом, что их исходы являются одинаково возможными, или симметричными. Если, например, игральная кость изготовлена достаточно тщательно, то при ее бросании выпадение любого числа очков от 1 до 6 является одинаково возможным. Поскольку в данном примере имеется шесть равновероятных случаев, благоприятствующим же является какой-то один случай, то его вероятность будет равна $1/6$. По такой же схеме подсчитывается вероятность событий, которые можно свести к равновероятным. Иногда это не удается сделать даже в сравнительно простых примерах. Так, если ту же игральную кость изготовить с дефектами, тогда выпадение каждой грани не будет равновероятным. Еще более противоречащими классической концепции являются примеры, взятые из физической, биологической и социальной статистики. Допустим, что вероятность того, что данное вещество из радиоактивного материала будет испускать α -частицу, равна 0,0374. Ясно, что этот результат никак нельзя представить по схеме равновероятных событий. Тогда нам пришлось бы до-

¹ См. Я. П. Терлецкий. Динамические и статистические законы физики. М. 1950.

¹ П. Лаплас. Опыт философии теории вероятностей. М., 1908, стр. 15.

пустить 10 000 равновозможных исходов, из них только 374 считались бы благоприятствующими. В действительности же здесь имеются лишь две возможности: либо в следующую секунду вещество испустит частицу, либо нет. Чтобы преодолеть подобные трудности, защитники классической концепции широко использовали так называемый *принцип недостаточного основания, или одинакового распределения незнания*. Согласно этому принципу, два события считаются равновероятными, если у нас не имеется основания для предположения, что одно из них осуществится скорее, чем другое. Поскольку же в качестве основания зачастую здесь выступало состояние знаний познающего субъекта, то само понятие вероятности лишалось своего объективного значения.

Частотная, статистическая или, как ее иногда называют, *эмпирическая* концепция вероятности исходит не из наперед заданной, жесткой схемы равновозможных событий, а из действительной оценки частоты появления того или иного события при достаточно большом числе испытаний. В качестве исходного понятия здесь выступает относительная частота появления того или иного признака, характеристики, свойства, которые принято называть событиями в некотором множестве или пространстве событий. Поскольку относительная частота определяется с помощью некоторой эмпирической процедуры, то рассматриваемую вероятность иногда называют еще эмпирической. Это не означает, что само теоретическое понятие вероятности в ее статистической или частотной интерпретации можно определить непосредственно опытным путем. Как мы уже отмечали в предыдущей главе, никакого операционального определения для статистической вероятности дать нельзя, ибо помимо эмпирической процедуры при ее определении мы обращаемся к теоретическим допущениям. В самом деле, осуществив те или иные наблюдения или эксперименты, мы можем точно подсчитать, сколько раз интересующее нас событие встречается в общем числе всех испытаний. Это отношение и будет представлять относительную частоту данного события:

$$P_{\text{част.}} = \frac{m}{n},$$

где m означает число появлений данного события, а n — число всех испытаний. Хотя указанное отношение может принимать самые различные численные значения, тем не менее

менее, как показывает практика, для весьма широкого класса случайных массовых событий оно колеблется вокруг некоторого постоянного значения, если число наблюдений или экспериментов будет достаточно велико. Таким образом, тенденция к устойчивости частот обширного класса массовых случайных явлений, обнаруженная на практике, представляет объективную закономерность этих явлений. Абстрактное понятие вероятности как меры возможности наступления события отображает прежде всего этот факт приблизительного равенства относительной частоты вероятности при достаточно большом числе испытаний. Такой подход к вероятности защищается большинством современных специалистов по статистике. Он нашел свое выражение и в широко известном курсе «Математические методы статистики» Г. Крамера. «Всякий раз, — пишет он, — когда мы говорим, что вероятность события E в эксперименте (\sim равна P , точный смысл этого утверждения заключается просто в следующем: практически несомненно, что частота события E в длинном ряду повторений эксперимента f будет приблизительно равной P . Это утверждение будет называться также частотной интерпретацией вероятности»¹.

Частотный подход к вероятности дает возможность лучше понять специфические особенности статистических закономерностей. Поскольку любое вероятностное утверждение в статистической интерпретации относится не к отдельному событию, а к целому классу однородных или сходных событий, постольку и объяснения и предсказания, полученные с помощью статистических законов, не имеют такого строго однозначного характера, какой присущ динамическим законам. Чрезвычайно важно также отметить, что, в то время как в динамической закономерности необходимость выступает как бы в чистом виде, в статистической закономерности она прокладывает себе дорогу через массу случайностей. В совокупном действии многочисленных случайностей обнаруживается определенная закономерность, которая и отображается статистическим законом.

Как уже отмечалось, статистические закономерности с чисто формальной точки зрения отличаются от закономерностей динамического типа тем, что не определяют

¹ Г. Крамер. Математические методы статистики. М., 1948. стр. 170.

значение исследуемой величины достоверным образом, а указывают лишь ее вероятностное распределение. Динамический закон по своей математической форме может быть представлен функциональной связью типа:

$$Y = \Phi(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Если заданы значения аргументов, то значение искомой функции определяется вполне однозначно. Статистические же законы характеризуют не поведение отдельных объектов, а скорее соотношения и зависимости, которые возникают вследствие совокупного действия целого ансамбля таких объектов. Поэтому они и выражают значения соответствующих величин вероятностным образом. Грубо говоря, статистика всегда дает нам какие-то средние величины, которые непосредственно нельзя приписать никакому индивидуальному объекту.

Вероятностный характер предсказаний статистических законов долгое время мешал тому, чтобы считать эти законы подлинно научными законами. Действительно, на первый взгляд может возникнуть впечатление, что статистические законы являются временным средством исследования, которое вводится лишь в целях удобства. И для такой точки зрения существуют даже некоторые основания. Так, например, многочисленные результаты, получаемые с помощью переписей, дают возможность в компактной и удобной форме обозреть огромную информацию, относящуюся к тысячам и миллионам людей. Однако в принципе эту информацию можно было бы выразить и в нестатистической форме. Статистика здесь вводится не потому, что иначе мы не можем описать индивидуумы, а именно в силу удобства.

Сложнее обстоит дело с объектами, изучаемыми физикой и химией. Описать поведение каждой молекулы чрезвычайно трудно, если не невозможно, но физики прошлого века считали, что такое описание в принципе возможно. Они полагали, что природа не ставит никаких границ ни для точности описания, ни для наблюдения и измерения. И хотя в XIX веке в физике было открыто немало статистических законов, тем не менее ученые того времени считали их временным средством исследования. Они надеялись, что такие законы со временем будут заменены более точными динамическими законами.

Открытия в области микромира и возникновение квантовой механики в корне подорвали подобный меха-

нистический взгляд на мир. Существенную роль играет здесь принцип неопределенности В. Гейзенберга, согласно которому невозможно одновременно точно определить значения двух сопряженных величин квантовомеханического объекта, например координаты и импульса микрочастицы. Новая физика явно свидетельствовала, что статистические законы присущи самому объективному миру. Эти законы возникают в результате взаимодействия большой совокупности объектов, будь то объекты атомного масштаба, биологические или социальные популяции.

В связи с широким применением статистических методов исследования и признанием самостоятельности законов вероятностного типа существенно меняется общий взгляд на науку, ее принципы и идеалы. В наиболее яркой форме это можно проследить на примере такого фундаментального принципа науки, каким является принцип *детерминизма*. Для сторонников механистического детерминизма Вселенная представлялась в виде огромной механической системы, каждое последующее состояние которой однозначно определялось ее предыдущим состоянием. Обычно для характеристики этой позиции приводят известные слова Лапласа из его работы «Опыт философии теории вероятностей»: «...мы должны рассматривать настоящее состояние Вселенной как следствие ее предыдущего состояния и как причину последующего»¹. Такая концепция детерминизма является прямым следствием механистического мировоззрения, то есть мировоззрения, переносящего идеи и методы классической механики Ньютона с ее строго динамическими законами на все процессы и явления мира. Поэтому детерминированность в этой концепции выступает прежде всего как предсказуемость на основе законов динамического типа, какими являются, в частности, законы классической механики. «Ум, — продолжает Лаплас, — которому были бы известны для какого-либо данного момента все силы, одушевляющие природу и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движения величайших тел Вселенной наравне с движениями легчайших атомов: не осталось бы ничего, что было бы для него

¹ П. Лаплас. Опыт философии теории вероятностей, стр. 9.

недостоверно, и будущее, так же как и прошедшее, предстало бы перед его взором»¹. Лаплас ясно отдавал себе отчет, что подобная ситуация является идеализацией, поэтому он и предлагал использовать математический аппарат теории вероятностей для оценки частных причин в сложных ситуациях. Однако, по-видимому, он считал, что вероятность отображает лишь степень нашего знания, а не объективную характеристику самих реальных явлений.

В немарксистской литературе по методологии науки термин «детерминизм» чаще всего употребляется для выражения однозначной определенности будущих событий и явлений. Именно такую цель, как мы видели, ставила перед собой классическая механика и физика вообще. Обнаружение статистической природы микроявлений и широкое внедрение вероятностных предсказаний в новой физике многие зарубежные философы-идеалисты стали квалифицировать как отсутствие детерминизма вообще. Между тем, речь, очевидно, должна идти о преодолении детерминизма механистического типа.

Вероятностный характер многих законов современной физики не гарантирует однозначности и достоверности предсказаний. Но случайность здесь рассматривается не сама по себе, а в связи с необходимостью. За совокупным действием различных факторов случайного характера, которые невозможно практически все охватить, статистические законы вскрывают необходимость которая прокладывает себе дорогу через ряд случайностей. Таким образом, и здесь с полным основанием можно говорить о детерминизме, т. е. такой обусловленности или определенности явлений, при которой они могут быть предсказаны лишь с той или иной степенью вероятности. Такое расширенное понятие детерминизма в качестве особого случая будет включать детерминизм лапласовского типа, если значение вероятности будет равно единице, т. е. если она превратится в достоверность.

Критикуя механистический детерминизм, Ф. Энгельс указывал, что случайное не может быть безразличным для науки². В то же время он подчеркивал, что изучить всю сеть каузальных отношений, даже в случае, скажем, с числом горошин в стручке, наука совершенно не в со-

стоянии. «Более того: такая наука, которая взялась бы проследить случай с этим отдельным стручком в его каузальном сцеплении со все более отдаленными причинами, 'была бы уже ле наукой, а простой игрой» К Именно поэтому задача науки и состоит в том, чтобы раскрыть законы, которые управляют случаем и фиксируют необходимость. Концепция же механистического детерминизма, отмечал Энгельс, низводит эту необходимость до роли случайности.

И детерминизм и причинность существенным образом связаны с категориями необходимости и закона. На этом основании Р. Карнап в своей последней книге призывает заменить всю дискуссию о значении понятия причинности исследованием различных типов законов, которые встречаются в науке³. Анализ математической формы различных типов причинной зависимости, несомненно, играет важную роль при исследовании причинности. Но ограничиться этим — значило игнорировать особую специфику причинности и обеднить наш анализ действительности. Нам представляется вряд ли оправданной получившая и в нашей литературе тенденция к отождествлению принципа причинности с принципом детерминизма³.

Для установления причинной зависимости явлений приходится значительно абстрагироваться от усложняющих их факторов. «Чтобы понять отдельные явления, — указывает Энгельс, — мы должны вырвать их из всеобщей связи и рассматривать их изолированно, а *ИВ таком случае* сменяющиеся движения выступают перед нами — водно как причина, другое как следствие»⁴. Такую идеализацию легче всего осуществить в механике и классической физике, которые имеют дело с точно заданными силами и законами движения тел под воздействием этих сил. В сложных ситуациях не только науки, но и повседневной жизни чаще всего приходится встречаться с множественностью причин. Именно поэтому здесь нередко ограничиваются выявлением частных причин. Теория вероятностей, как указывал еще Лаплас, во многих случаях помогает выявить и оценить эти частичные причины. В та-

¹ /(. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 534.

² См. Р. Карнап. Философские основания физики, стр. 273.

³ См. об этом Г. И. Рузакин. Вероятность, причинность, детерминизм. — «Философские науки», 1972, № 5, стр. 65—66.

⁴ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 456—457.

¹ П. Лаплас. Опыт философии теории вероятностей, стр. 9.

² См. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 532.

ких случаях скорей всего вместо каузального анализа используется детерминистический анализ.

Принцип детерминизма с этой точки зрения выражает возможность предсказания некоторых событий, явлений, поведения тел в самых разнообразных ситуациях. Когда наступление события может быть предсказано с достоверностью, тогда для анализа таких событий вполне подходит классическая схема детерминизма. Другими словами, объяснение и предсказание явлений в этих случаях основывается на законах динамического типа. Сами эти законы хотя и выявляют некоторые существенные связи, тем не менее зачастую слишком огрубляют реальную действительность. Однако такое огрубление и схематизация не всегда возможны. Во всяком случае, там, где приходится встречаться с действием многократно повторяющихся случайных факторов, событий и явлений, исследование часто обнаруживает некоторую устойчивую закономерность, открытие которой впоследствии дает возможность делать вероятностные предсказания относительно появления тех или иных случайных событий.

Вероятностный характер статистических законов свидетельствует, таким образом, не о крушении детерминизма вообще, а об ограниченности старых представлений о детерминизме, в основе которых лежит убеждение в том, что мир управляется исключительно законами динамического типа..

4. Роль законов в научном объяснении и предсказании

Объяснение явлений окружающей нас природы и социальной жизни составляет одну из основных задач естествознания и общественных наук. Задолго до возникновения науки люди пытались так или иначе объяснить окружающий их мир, а также собственные психические особенности и переживания. Однако такие объяснения, как правило, оказывались неудовлетворительными, ибо зачастую основывались либо на одушевлении сил природы, либо на вере в сверхъестественные силы, бога, судьбу и т. п. Поэтому они, в лучшем случае, могли удовлетворить психологическую потребность человека в поисках какого-либо ответа на мучившие его вопросы, но отнюдь не давали истинного представления о мире.

Реальные объяснения, которые можно назвать подлинно научными, появились вместе с возникновением самой науки. И это вполне понятно, так как научные объяснения опираются на точно сформулированные законы, понятия и теории, которые отсутствуют в обыденном познании. Поэтому адекватность и глубина объяснения окружающих нас явлений и событий во многом зависит от степени проникновения науки в объективные закономерности, управляющие этими явлениями и событиями. В свою очередь сами законы могут быть по-настоящему поняты только в рамках соответствующей научной теории, хотя они и служат тем концептуальным ядром, вокруг которого строится теория.

Нельзя, конечно, отрицать возможности и полезности объяснения некоторых простейших явлений на основе эмпирического обобщения наблюдаемых фактов. Такие объяснения также относятся к числу реальных, но ими ограничиваются лишь в обыденном, стихийно-эмпирическом познании, в рассуждениях, основанных на так называемом здравом смысле. В науке же не только простые обобщения, но и эмпирические законы стремятся объяснить с помощью более глубоких теоретических законов. Хотя реальные объяснения могут быть весьма различными по своей глубине или силе, тем не менее все они должны удовлетворять двум важнейшим требованиям.

Во-первых, всякое реальное объяснение должно строиться с таким расчетом, чтобы его доводы, аргументация и специфические характеристики имели непосредственное отношение к тем предметам, явлениям и событиям, которые они объясняют. Выполнение этого требования представляет необходимую предпосылку для того, чтобы считать объяснение адекватным, но одного этого условия недостаточно для правильности объяснения.

Во-вторых, любое объяснение должно допускать принципиальную проверяемость. Это требование имеет чрезвычайно важное значение в естествознании и опытных науках, так как дает возможность отделять подлинно научные объяснения от всякого рода чисто спекулятивных и натурфилософских построений, также претендующих на объяснение реальных явлений. Принципиальная проверяемость объяснения вовсе не исключает использования в качестве аргументов таких теоретических принципов, постулатов и законов, которые нельзя проверить непосредственно эмпирически. Необходимо только, что-

бы объяснение давало возможность вывода некоторых следствий, которые допускают опытную проверку.

Общая структура научного объяснения. По своей логической структуре объяснение представляет рассуждение или умозаключение, посылки которого содержат информацию, необходимую для обоснования результата или заключения такого рассуждения.

В современной литературе по теории объяснения все посылки умозаключения, ставящего своей целью объяснение, чаще всего обозначают термином «эксплананс» (от лат. *explanans* — объясняющий), а результат умозаключения — термином «экспланандум» (от лат. *explanandum* — то, что надлежит объяснить) ¹.

Характер объяснения зависит, таким образом, во-первых, от того вида логического рассуждения, который используется для объяснения, и, во-вторых, от типа посылок, которые служат в качестве экспланаиса. Эксплананс и экспланандум составляют две необходимые части всякого объяснения, связанные друг с другом логическим отношением выводимости, или следования. Если экспланандум с логической необходимостью следует из эксплананса, то такое объяснение называют дедуктивным, так как в этом случае оно осуществляется по схеме дедуктивного рассуждения. Во многих случаях приходится, однако, довольствоваться более слабым, индуктивным рассуждением, посылки которого лишь с той или иной степенью вероятности подтверждают заключение или экспланандум.

Нередко говорят, что объяснение в принципе может осуществляться без привлечения каких бы то ни было законов. Действительно, нередко для объяснения одного явления, события или факта мы ссылаемся на другой факт, явление или событие, а не на явно сформулированные законы. Так, когда объясняют возникновение ржавчины на металлических предметах, то в качестве причины указывают сырой воздух, контакт с водой и другие подобные факты. Такого рода объяснения встречаются преимущественно в повседневной жизни, где объяснения опираются на простейшие эмпирические обобщения. Эти обобщения кажутся нам настолько привычными и самоочевидными, что они не фигурируют в самом процессе

объяснения, хотя их легко и выявить. То же самое иногда происходит и в науке, когда законы, объясняющие явления, кажутся всем известными и очевидными, поэтому их явно и не формулируют. Таким образом, все объяснения с помощью отдельных явлений, событий и фактов по сути дела являются объяснениями с помощью законов, хотя в явном виде сами законы при этом могут и не фигурировать. Вот почему такого рода объяснения иногда называют замаскированными объяснениями с помощью законов ¹.

При логическом анализе конкретных примеров научного объяснения все посылки, на которых оно строится, должны быть выражены явным образом. В противном случае нельзя будет осуществить логический вывод экспланандума из эксплананса, а потому нельзя будет признать корректным само объяснение. Что касается структуры эксплананса, то в нем можно выделить посылки двух видов. Наиболее существенное значение имеют те посылки, в которых выражаются законы, принципы и другие универсальные положения науки. С их помощью удается обеспечить вывод не только других, менее общих законов и положений науки, но и утверждений о тех или иных конкретных явлениях или событиях. В последнем случае эксплананс должен содержать также такие посылки, которые характеризуют те или иные специфические условия или свойства, ибо без этого невозможен переход от общих утверждений к единичным.

Доминирующая роль законов в процессе научного объяснения наиболее сильно подчеркивается при так называемом эссенциалистском подходе, т. е. тогда, когда смысл объяснения сводится к раскрытию сущности реальных явлений и событий ². В общем виде эта точка зрения не вызывает возражения, так как действительное объяснение достигается только тогда, когда раскрываются внутренние, существенные связи объясняемых явлений, событий или даже закономерностей. Вряд ли, однако, следует сводить объяснение к установлению логической связи «между отображением объясняемого объекта в языке и законом науки» ³. Сущность явлений, особенно сложных, может быть раскрыта зачастую лишь с по-

¹ См. *Р. Карнап*. Философские основания физики, стр. 44.

² Такой подход защищается *Е. П. Никитиным* в книге «Объяснение — функция науки». М., 1970, стр. 14—30.

³ *Е. П. Никитин*. Объяснение — функция науки, стр. 19.

¹ *C. G. Hempel*. Aspects of Scientific Explanation and other Essays in the Philosophy of Science. New York, 1965, p. 245.

мощью теории, представляющей не простую совокупность и даже не систему, состоящую из одних законов, а включающую в себя элементы и другого рода (исходные принципы, определения, гипотезы и различные утверждения теории). Подобно тому как теоретический закон превосходит эмпирический по своей объясняющей силе, так и теория в целом дает более глубокое обоснование, чем любой отдельный закон или совокупность таких законов. Теория как наиболее развитая форма научного объяснения возникает, как правило, после открытия ряда отдельных законов той или иной области реального мира. Разумеется, верно, что законы составляют концептуальное ядро любой теоретической системы опытного знания. Но из этого вовсе не вытекает, что объяснение, опирающееся на теорию, всецело основывается на законах, а само противопоставление объяснения с помощью теории квалифицируется как иллюзорное¹.

По нашему мнению, в качестве общих посылок эксплананса любого научного объяснения или даже объяснения на уровне здравого смысла можно использовать обобщения самого различного характера. Наиболее совершенными считаются обычно объяснения, посылки которых содержат законы и теории науки универсального характера. Менее привлекательными выглядят объяснения, основанные на статистических законах. Гораздо менее надежными считаются объяснения, основанные на простых индуктивных обобщениях эмпирического опыта, к которым принадлежат объяснения, встречающиеся в повседневной жизни. Все перечисленные примеры представляют реальные объяснения, хотя и раскрывают сущность объясняемых явлений с различной степенью глубины и полноты.

Дедуктивная модель научного объяснения. Объяснения, с которыми приходится встречаться в науке, можно классифицировать по различным основаниям деления: характеру логической связи эксплананса с экспланандумом, составу и природе посылок, входящих в эксплананс, в частности по виду законов, которые фигурируют в посылках, и многим другим признакам². Наиболее важной нам представляется классификация по

¹ См. Е. П. Никитин. Объяснение — функция науки, стр. 22.

² Подробная классификация различных видов научного объяснения рассматривается в книге Е. П. Никитина «Объяснение — функция науки».

способу логической связи эксплананса с экспланандумом, т. е. по тому способу, который используется для логического вывода объясняемого тезиса из объясняющих его посылок. Как мы уже отмечали, двумя основными формами логических умозаключений, применяемыми для объяснения, являются дедуктивные и индуктивные выводы. Соответственно этому мы и выделяем дедуктивную и индуктивную модели или схемы объяснения.

Дедуктивная модель научного объяснения является наиболее распространенной. Особенно широко ею пользуются в тех науках, законы которых могут быть выражены в точной математической форме (астрономия, механика, физика, физическая химия, молекулярная биология, математическая экономика и др.). Поскольку посылки дедуктивного вывода обеспечивают логически необходимый характер заключения, т. е. в нашем случае экспланандума, то естественно, что эта модель объяснения предпочитается индуктивной, где связь между посылками и заключением имеет не достоверный, а только вероятный характер. Важно при этом обратить внимание на то, что дедукция здесь понимается не в старом смысле традиционной логики, как умозаключение от общего к частному, а как любой вывод, заключение которого следует из имеющихся посылок с логической необходимостью, точно по принятым правилам дедукции.

Чтобы лучше понять дедуктивную модель объяснения, рассмотрим в качестве иллюстрации конкретный пример из действительной истории науки. Речь идет об объяснении «неправильностей», или иррегулярностей, в движении планеты Уран. Эти иррегулярности нельзя было объяснить притяжением других, в то время известных планет Солнечной системы. Поэтому Лавуазье (и независимо от него Адаме) предположил, что они вызываются гравитационным воздействием новой, до сих пор неизвестной планеты. Последующие наблюдения блестяще подтвердили его гипотезу и тем самым предложенный им способ объяснения. Если логически реконструировать ход рассуждений Лавуазье, то их можно представить в виде следующей схемы. Во-первых, он исходил из ньютоновских универсальных законов движения и закона всемирного тяготения, которые в своей совокупности составляют большую посылку эксплананса. Во-вторых, в качестве меньшей посылки он использовал специфические характеристики планет Солнечной системы (их вза-

имные расстояния, массы, размеры и т. п.). Все эти посылки, вместе взятые, не смогли объяснить иррегулярности в движении Урана. Поэтому в качестве дополнительной меньшей посылки Лаверье включил информацию о характере и величине наблюдаемых иррегулярностей в движении Урана. Опираясь на все перечисленные посылки, он смог вычислить период обращения, массу, орбиту и другие характеристики неизвестной, новой планеты, гравитационным воздействием которой и объяснил неправильности в движении Урана. Примечательно, что в этом примере объяснение органически связано с предсказанием.

Итак, мы видим, что в дедуктивной модели объяснение выступает как результат логического вывода объясняемого явления из объясняющих его посылок, причем главная роль в этих посылках принадлежит законам науки, универсальным утверждениям, в которых формулируются объективно необходимые, инвариантные отношения между предметами и явлениями реального мира. Большой частью при дедуктивном объяснении используются законы динамического типа или номические структуры вообще (т. е. общие высказывания, имеющие форму закона). Вот почему этот тип объяснения нередко характеризуют как дедуктивно-номологический¹. Такие объяснения обычно предпочитают всем другим, так как их результат, или эксиланандум, имеет достоверный, а не вероятный или проблематический характер.

Схематически дедуктивно-номологическая модель объяснения может быть представлена так:

$$\begin{array}{l} \text{эксплананс} \\ \hline \left\{ \begin{array}{l} \text{Большая посылка:} \\ L_1, L_2, \dots, L_{k-1}, L_k \\ \text{Меньшая посылка:} \\ C_1, C_2, \dots, C_{k-1}, C_k \end{array} \right. \\ \hline \text{экспланандум} \quad E \end{array}$$

Символами $L_1, L_2, L_3 \dots L_k$ здесь обозначены универсальные законы динамического типа, или номические структуры вообще. C_1, C_2, \dots, C_p представляют конкретные характеристики или условия, которые описывают некоторые специфические особенности рассматриваемых явлений.

¹ C. G. Hempel. Philosophy of Natural Science. New York, 1966, p. 60.

ний. В математическом естествознании, в частности в математической физике, эти характеристики принято называть начальными условиями. Без них, вообще говоря, невозможен логический вывод утверждений, характеризующих отдельные, конкретные события, явления и предметы. Такого рода объяснения часто называют *фактуальными*, поскольку в этом случае цель объяснения сводится к объяснению некоторого факта. С логической точки зрения фактуальное объяснение сводится к дедукции экспланандума из соответствующего эксплананса, хотя объяснение в конечном итоге относится к некоторым реальным событиям, явлениям или предметам. В экспланандуме фактуального объяснения как раз и отображаются определенные свойства, аспекты или отношения индивидуальных предметов, событий и явлений. Правда, в некоторых случаях приходится встречаться и с известным обобщением или группировкой фактов, но все такие операции обычно не выходят за рамки эмпирического исследования.

Как мы уже отмечали, дедукция фактов или эмпирических высказываний единичного характера осуществляется с помощью законов простейшего типа, которые мы назвали эмпирическими. В повседневных рассуждениях вместо них обычно фигурируют элементарные индуктивные обобщения из нашего обыденного опыта. В случае гипотетических объяснений в роли законов выступают те или иные гипотезы.

Другой важной разновидностью дедуктивных объяснений являются объяснения, экспланандум которых служат законы науки. В данном случае мы имеем дело с логическим выводом одних законов из других. Законы, которые встречаются в посылках эксплананса, должны обладать большей логической силой, чем закон, представленный в экспланандуме. Под термином «логическая сила» при этом понимается не что иное, как допустимость дедукции. Иными словами, если из одного утверждения или закона логически вытекает (дедуцируется) другое утверждение или закон, то первые из них считаются логически сильнее, чем вторые. Нередко также говорят, что чем логически сильнее закон, тем большей объясняющей силой он обладает.

Наиболее интересными случаями объяснения законов являются те, в которых менее глубокие и ограниченные законы объясняются с помощью более общих и глубоких

законов, раскрывающих внутренний механизм протекания явлений. Типичным в этом смысле является соотношение между эмпирическими и теоретическими законами. В то время как первые выражают связи между эмпирически наблюдаемыми свойствами, величинами и отношениями реальных процессов и явлений, вторые характеризуют их более глубокие связи и структуру. Вследствие этого теоретические законы можно использовать для объяснения эмпирических законов: такое объяснение осуществляется с помощью логической дедукции эмпирических законов из теоретических. В данном случае в качестве экспланандума выступают эмпирические законы, а эксплананса — теоретические. Подобная дедукция оказывается возможной лишь тогда, когда теоретическим терминам дается соответствующая интерпретация и они связываются с эмпирическими с помощью некоторых правил соответствия. Эти правила наряду с теоретическими законами служат необходимой предпосылкой для вывода эмпирических законов, а следовательно, и для их объяснения.

Непосредственный вывод одних законов из других возможен лишь в том случае, когда и объясняющие и объясняемые законы относятся к одному типу или уровню познания. Так, например, располагая общим уравнением или законом газового состояния

$$PV=RT$$

мы можем вывести из него эмпирически установленные Законы Бойля—Мариотта ($PV=const.$) и Шарля—Гей-Люссака [$v_t = v_0(1 + \alpha t^0)$]. В первом случае для этого достаточно принять температуру постоянной, а во втором — считать постоянным давление. По-видимому, в ряде случаев можно также говорить о дедукции менее общих теоретических законов из более общих.

Наконец, наиболее развитой формой дедуктивного объяснения является объяснение с помощью *теории*. В этом случае в качестве объясняющей посылки выступает не отдельный теоретический закон или некоторая их совокупность, а по крайней мере дедуктивное ядро теории: все ее исходные посылки и принципы, из которых в дальнейшем логически выводятся все другие положения теории, в том числе и те, которые имеют своей целью объяснение некоторых фактов и законов. Само собой ра-

зумеемся, что при этом учитываются также определенные правила соответствия, которые связывают теорию с эмпирией.

Индуктивная модель объяснения. В последние десятилетия в логике и методологии все более широкое признание получает другая модель или схема научного объяснения, которая, правда, не обладает той убедительной силой и достоверностью, какая присуща дедуктивной модели. На этом основании ее иногда считают лишь временной попыткой объяснения, своего рода суррогатом, к которому приходится прибегать лишь в силу невозможности достижения более полного объяснения. Такой подход во многом определяется самим отношением к индукции, которая лежит в основе указанной модели объяснения. В самом деле, в то время как заключение дедуктивного вывода с логической необходимостью вытекает из посылок, заключение индукции, как правило, лишь в той или иной степени подтверждается этими посылками. Иными словами, если заключение дедукции имеет достоверный характер, то индукция обеспечивает лишь вероятные заключения. Вот почему сами индуктивные рассуждения иногда рассматривают лишь как эвристический способ мышления.

Необходимость обращения к индукции большей частью диктуется тем, что во многих объяснениях эмпирических наук приходится иметь дело со статистическими законами, выраженными в форме вероятностных утверждений. Как уже отмечалось, статистические законы в отличие от динамических характеризуют не индивидуальные события и явления, а только группы или классы однородных событий массового характера. Проще говоря, то, что утверждается в универсальном законе динамического типа, может быть перенесено на любой индивидуальный объект или событие. Статистические законы по своей природе не допускают такой возможности. Тем не менее и такого рода законы можно использовать для объяснения и предсказания отдельных явлений и событий. В этих целях как раз и вводится теоретическое понятие вероятности, которое характеризует меру возможности осуществления события. Полнота объяснения и надежность предсказания в этом случае будут ниже, чем тогда, когда применяются универсальные законы динамического типа. Однако во многих важных ситуациях мы не располагаем подобными законами и поэтому должны обра-

тятся к индуктивной схеме объяснения. Логический процесс, который мы используем для такого объяснения, очень часто определяют как индуктивную, или логическую вероятность. Он характеризует определенный тип связи между посылками и заключением объяснения, т. е. экспланансом и экспланандумом. Эта вероятность по своему значению существенно отличается от вероятности статистической, с которой мы встречаемся при формулировке законов массовых случайных явлений в физике, биологии и социологии. Во избежание недоразумений следовало, быть может, просто называть логическую вероятность индукцией, но с этим термином также связаны нежелательные ассоциации. Дело в том, что в традиционной логике под индукцией обычно понимается процесс рассуждения, идущий от частного к общему. В современной же индуктивной логике этим термином обозначается всякое рассуждение или умозаключение, посылки которого в той или иной степени подтверждают заключение, т. е. по сути дела вероятностное высказывание. Важно также отметить, что формальная структура индуктивной вероятности хорошо описывается известными еще со времен Бернулли и Лапласа аксиомами исчисления вероятностей. Вот почему нам кажется целесообразным сохранить термин «логическая, или индуктивная, вероятность» при описании схемы индуктивного объяснения или предсказания (о чем подробнее будет сказано позже).

Общая схема индуктивно-статистического объяснения может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{array}{ccc}
 \text{эксплананс} & P_{ст.}(A/B) = r & \\
 \hline
 \text{экспланандум} & \text{вероятно } A & \text{(посылки делают вероятным заключение)}
 \end{array}$$

Большая посылка эксплананса такого объяснения представляет статистический закон, поэтому из него при фиксированных первоначальных условиях (меньшая посылка B) может быть выведено лишь индуктивное заключение об отдельном событии или явлении A . Это заключение имеет также вероятностный характер, но сама вероятность здесь существенно отличается от статистической, ибо она выражает непосредственно не информацию о реальных событиях, а характер логической связи между

посылками и заключением индуктивного объяснения. Поскольку заключение или экспланандум объяснения здесь логически не вытекает из посылок, а лишь в той или иной степени подтверждается ими, то в самой схеме мы отделяем эксплананс от экспланандума двойной чертой и дополнительно указываем на вероятностный характер заключения. Если величина этой вероятности, или степень подтверждения, является известной, то она может быть точно указана в самой символической записи. В этом случае экспланандум индуктивно-статистического объяснения можно записать в следующем виде:

$$P_{инд.}(A/B_i) = k.$$

Это выражение представляет символическую запись индуктивного заключения A при наличии некоторой совокупности условий B_i . Таким образом, мы видим, что в индуктивно-статистическом объяснении используются две основные формы вероятности: статистическая и индуктивная (логическая). Если первая обеспечивает нас информацией о свойствах и закономерностях реального мира, то вторая устанавливает связь между экспланансом и экспланандумом объяснения.

При индуктивном объяснении с самого же начала возникает вопрос о том, какую степень подтверждения или логической вероятности следует признать достаточной для объяснения. Очевидно, если эта вероятность будет не больше половины, то такое объяснение вряд ли можно считать достаточно обоснованным. Равным образом мы не признаем надежным предсказание, вероятность которого не превосходит половины. Это обстоятельство существенно ограничивает класс индуктивных объяснений. Так, К. Гемпель относит к числу индуктивно-статистических объяснений только такие, степень вероятности которых приближается к 1. Иными словами, такого рода объяснения по существу приближаются к дедуктивным, так как их экспланандум вытекает из эксплананса почти с практической достоверностью (хотя теоретически практическая достоверность и отличается от достоверности дедуктивного заключения). В качестве конкретной иллюстрации Гемпель приводит пример с вытаскиванием шаров из урны, который достаточно ясно выражает его основную идею. Допустим, что мы наудачу вытаскиваем шар из урны, в которой находятся 999 белых и один черный шар. Если шары хорошо перемешаны, то вероят-

ность извлечения белого шара будет весьма велика ($p = 0,999$). Этот факт легко объяснить статистическими соображениями. Подобным же образом, по мнению Гемпеля, статистические законы, используемые при индуктивном объяснении, должны обладать такой высокой вероятностью, чтобы на их основе можно было делать надежные предсказания и объяснения. Некоторые авторы вообще отрицают правомерность индуктивного объяснения, утверждая, что в случае статистических обобщений и законов мы имеем дело не с объяснением, а с недостаточно надежными правилами недедуктивных умозаключений¹. Нетрудно заметить, что подобный подход к объяснению основывается на том, что единственно допустимой формой рассуждений в науке признается только дедукция, индуктивным же заключениям в лучшем случае отводится эвристическая роль. Вряд ли с таким подходом можно согласиться. Если индуктивно-статистические объяснения не признают за подлинными, полноценными объяснения, тогда следует также отказаться и от предсказаний, основанных на таких предпосылках. Но с этим не согласятся даже самые радикальные дедуктивисты.

И с теоретической и с практической точек зрения индуктивная модель объяснения играет существенную роль в науке². Часто она может значительно облегчить поиски более привычного дедуктивного объяснения, по во многих случаях сама проблема не допускает такого объяснения, и поэтому приходится обращаться к индукции и статистике.

В заключение остановимся на выяснении логической связи между дедуктивным и индуктивным объяснением. Поскольку индуктивный вывод допускает более ослабленные требования, чем дедуктивный, то целесообразно рассматривать индукцию как более общий тип рассуждения. Соответственно такому подходу мы будем выражать статистические законы в форме обобщенной, *вероятностной импликации*, впервые введенной Г. Рей-

хенбахом¹, а обычные универсальные законы динамического типа — в виде общей импликации математической логики.

В статистическом законе, как и любом вероятностном утверждении, можно выделить две части: в первой из них — антецеденте — формулируются условия, при осуществлении которых с той или иной вероятностью* может произойти интересующее нас событие случайного массового характера, т. е. консеквент импликации. Так как при статистической интерпретации речь идет не об индивидуальных событиях, а о классе подобных событий, то в вероятностной импликации мы должны рассматривать не отдельные высказывания, а классы высказываний, которые можно выразить с помощью пропозициональных функций, или функций-высказываний. Тогда саму вероятностную импликацию символически можно представить в следующем виде:

$$(i) (x_i \in A \Rightarrow_p y_i \in B)$$

Универсальный квантор (i) перед импликацией показывает, что она распространяется на все случаи из некоторого класса событий. Антецедент $x_i \in A$ обозначает класс тех событий A , при осуществлении которых с вероятностью равной p возникает событие y из класса B : $y_i \in B$. Так, например, если рассматривать явления, связанные с радиоактивным распадом химических элементов (события класса A), то каждому элементу будет соответствовать определенная вероятность его превращения в другие элементы в течение некоторого времени, которую обычно характеризуют как период полураспада.

Существенное отличие вероятностной импликации от обычной состоит в том, что если в последнем случае истинность антецедента всегда влечет и истинность* консеквента, то в первом случае истинный антецедент обеспечивает лишь определенную вероятность консеквента. Если степень вероятности p будет равна 1, тогда вероятностная импликация превращается в обычную. Мы видим отсюда, что дедуктивное объяснение можно рассматривать как особый случай индуктивного, когда степень вероятности экспланандума становится равной 1 и, следовательно, вероятный вывод становится достоверным.

¹ H. Reichenbach. The Theory of Probability. California, 1949, P. 53.

¹ M. Bunge. Scientific Research, II, 1967. The Search for Truth. Berlin — Heidelberg — New York, p. 39.

² Мы не касаемся здесь объяснений, основанных на методах классической индукции, а также индуктиано-редуктивных, так как они не опираются на применение статистических законов. Все эти вопросы, как и проблемы теоретического объяснения, выходят за рамки настоящей главы, посвященной законам науки.

Индуктивные объяснения, степень вероятности которых приближается к так называемой практической достоверности, т. е. весьма близка к 1, хотя по своему результату сходны с дедуктивными, тем не менее составляют особый вид, и поэтому Гемпель совершенно правильно относит их именно к индуктивным. Дело в том, что несмотря на большую степень вероятности, их заключение в принципе может оказаться и неверным, так что здесь всегда имеется элемент неопределенности. Эта неопределенность будет возрастать по мере уменьшения величины вероятности. Поэтому индуктивные объяснения, степень вероятности заключения которых не превышает половины, на практике не будут считаться подлинными объяснениями.

Научное предсказание. Предвидение новых ситуаций, событий и явлений составляет важнейшую особенность человеческого познания и целенаправленной деятельности вообще. В элементарной форме эта особенность присуща и высшим животным, поведение которых строится на основе условных рефлексов. Однако о подлинном предвидении можно говорить лишь тогда, когда оно основывается на сознательном применении тех или иных закономерностей, выявленных в процессе развития науки и общественной практики¹.

Научные предсказания, опирающиеся на точно сформулированные законы и теории, генетически возникают из предвидений и эмпирических прогнозов, которые задолго до возникновения науки люди делали на основе простейшего обобщения своих наблюдений над явлениями природы. Такие прогнозы не отличались большой точностью, поскольку они строились на наблюдениях тех связей явлений, которые легче всего бросались в глаза. Но уже здесь люди интуитивно сознавали закономерную связь между явлениями и их различными свойствами. Так, предсказание погоды по форме облаков, характеру заката, движению ветра, температуре воздуха и другим приметам часто приводит опытных людей к правильным выводам. Однако такой прогноз в значительной мере основывается на знании не объективных законов природы, а скорее различных внешних проявлений этих закономерностей. Даже классическая метеорология свои

¹ См. В. Г. Виноградов. Научное предвидение. М., 1973; В. Г. Виноградов, С. И. Гончарук, Законы общества и научное предвидение. М., 1972.

прогнозы строит большей частью на основе эмпирического исследования распределения давлений воздуха, формы облаков, скорости движения ветра и некоторых других факторов. Естественно поэтому, что такие прогнозы могут делаться только на сравнительно короткое время, да и то не всегда сбываются. Причина этого состоит в том, что они не опираются на глубокие внутренние закономерности и теории, управляющие процессами формирования погоды в различных регионах земного шара. Поэтому современная теоретическая метеорология стремится открыть как раз именно такие законы, с помощью которых можно было составлять долгосрочные прогнозы. Этот пример достаточно ясно показывает, что надежность, точность и временные границы предсказания самым тесным образом зависят от характера законов или обобщений, используемых в процессе предсказания.

Как и при объяснении, так и при предсказании наиболее надежными являются заключения, опирающиеся на универсальные законы динамического типа. Такими являются, например, предсказания результатов движения различных небесных тел в астрономии и многие другие предсказания в так называемых точных науках. Но и здесь часто приходится прибегать к вероятностно-статистическим, или *стохастическим* предсказаниям (квантовая механика, теория «элементарных частиц», космология и др.). В биологии же и социальных науках удельный вес стохастических предсказаний неизмеримо выше.

Органическая связь между объяснением и предсказанием выражается не только в характере использования законов, но прежде всего в том, что объяснение служит основой для предвидения. Действительно, если мы можем объяснить сущность или причину возникновения того или иного явления, то мы всегда можем предсказать его появление. Как мы уже видели, Лавуазье и Бертолле, объяснив иррегулярности в движении планеты Уран, предсказали существование новой, до этого неизвестной планеты Нептун. Д. И. Менделеев, открыв свой знаменитый периодический закон, смог объяснить химические свойства элементов. Опираясь на это, он предсказал существование новых химических элементов и приблизительно верно описал их свойства. Число подобных примеров можно было увеличить. Все они свидетельствуют

о том, что подлинно научное объяснение обладает потенциальной предсказывающей силой. Этот вывод получил аргументированное обоснование в известной статье К. Гемпеля и П. Оппенгейма «Логика объяснения», где они подчеркивают, что в той мере, в какой мы в состоянии объяснить эмпирические факты, мы можем достичь высшей цели научного исследования, а именно — не просто регистрировать явления нашего опыта, но познать, опираясь на них, теоретические обобщения, дающие нам возможность предвидеть новые события.¹

Наконец, неразрывная связь между объяснением и предсказанием находит свое выражение в одинаковой логической структуре процессов объяснения и предсказания. При рассмотрении дедуктивной модели научного объяснения в качестве иллюстрации был приведен пример с объяснением иррегулярностей в движении планеты Уран. Результатом этого объяснения было предсказание существования новой планеты. Этот вывод логически следовал из соответствующих посылок, т. е. универсальных законов механики и закона всемирного тяготения, а также специфических характеристик, относящихся к параметрам движения планет и эмпирически установленным иррегулярностям в движении Урана. В других случаях объяснение, как правило, относится к уже известным явлениям и событиям. Все это не сказывается на логической структуре. Поэтому мы можем рассматривать дедуктивную модель предсказания как дедуктивный вывод, посылками которого служат, с одной стороны, универсальные законы динамического типа, а с другой — некоторые конкретные условия, характеризующие связь между общими и единичными утверждениями. По аналогии с объяснением все эти посылки можно было бы называть *проектансом*, т. е. утверждениями, на которых базируется предсказание. Само же заключение будет тогда *проектандумом*. Аналогичные замечания можно сделать относительно стохастических предсказаний, которые основываются на статистических законах и обобщениях и заключение которых имеет индуктивный (вероятностный) характер.

Тождественность формальной структуры объяснения и предсказания не означает, конечно, что эти методы

исследования не различаются. По своей природе и функциям. Объяснения относятся к событиям, явлениям, закономерностям уже известным, либо существующим в настоящее время, либо существовавшим в прошлом. В отличие от этого предсказание делается относительно либо будущих явлений и событий, либо явлений хотя и существующих, но до сих пор не обнаруженных. И в том и в другом случае утверждение, формулирующее предсказание, имеет неопределенный характер, ибо его истинность или ложность может быть обнаружена лишь впоследствии. Здесь возникает и различие между логической силой законов, используемых для объяснения и предсказания. В то время как для объяснения необходимо привлекать наиболее глубокие теоретические законы, для предсказания часто достаточно эмпирических законов и обобщений. Все эти и подобные им соображения, не говоря уже о соображениях философского характера, послужили основой дискуссии, которая развернулась вокруг проблемы о симметрии между объяснением и предсказанием. Не претендуя здесь на решение этой проблемы, нам хотелось бы отметить, что, хотя с логической точки зрения и объяснение и предсказание как определенные способы рассуждений являются симметричными, с методологической и общенаучной точек зрения они существенно различны и, следовательно, асимметричны. Поэтому дискуссии по этой проблеме важно ограничить более определенными рамками.

¹ C. G. Hempel, P. Oppenheim. The Logic of Explanation. — «Readings in the Philosophy of Science». New York, 1953, p. 323,

Методы анализа и построения теорий

Необходимость в построении теории возникает из-за естественного стремления установить логическую связь между отдельными обобщениями, гипотезами и законами той или иной области исследования. На ранней стадии развития любой науки происходит накопление и анализ фактического материала, который приводит к установлению отдельных обобщений, гипотез и законов. Поскольку все эти формы знания выступают здесь обособленно, то подтверждение или опровержение любой из них не влияет на другие.

Дальнейший прогресс науки характеризуется не только приведением в систему результатов ранее полученного знания, но и введением более глубоких понятий и принципов, открытием более фундаментальных и общих законов и гипотез, аксиом и постулатов, из которых стремятся логически вывести все ранее известное знание. В результате на зрелой стадии наука превращается в систему теорий, в рамках которых и происходит синтез научного знания.

В этой главе рассматриваются сначала основные типы научных теорий, их природа и функции, а затем некоторые методы их логического анализа и построения.

1. Основные типы научных теорий

Научные теории можно классифицировать по самым различным признакам: объекту исследования, логической структуре, методу изучения, глубине анализа и т. д. Для наших целей наиболее существенной представляется классификация теорий с точки зрения их логической структуры, следовательно и методов, используемых для построения теорий. Такая классификация весьма далека

от совершенства, **но** она может служить в качестве ориентира в последующих рассуждениях.

В естествознании и математике чаще всего имеют дело с четырьмя основными типами теорий: (1) содержательными теориями опытных наук; (2) гипотетико-дедуктивными, или полуаксиоматическими теориями естествознания; (3) аксиоматическими теориями математики и математического естествознания; (4) формализованными теориями математики и логики.

Фундаментом естествознания и опытных наук служат теории, в которых систематизируются, обобщаются и объясняются факты определенной области действительности. С помощью гипотез, законов и принципов теории удается не только объяснить факты уже известные, но и предсказать факты новые, неизвестные. Все эти теории с различной полнотой и глубиной обобщают и анализируют эмпирический материал и по этой причине могут быть названы опытными, содержательными или реальными теориями, хотя ни одно из этих названий не является безупречным. Квалифицируя подобные теории как опытные, обычно хотят подчеркнуть их отличие от абстрактных, или умозрительных теорий. Термин «содержательные теории» в принятой здесь классификации используется для того, чтобы отделить такие теории от формальных теорий математики и символической логики. Наконец, учитывая тесную связь многих из этих теорий с реальным миром опыта, иногда их называют реальными.

По своему уровню содержательные теории могут значительно отличаться друг от друга. Как известно, каждая наука начинает свое развитие с накопления необходимого количества фактов и выявления простейших эмпирических зависимостей между ними. Однако простая совокупность фактов и даже эмпирических законов не составляет еще теории. Уровень развития науки характеризуется не столько количеством найденных эмпирических данных, сколько установлением необходимых связей между ними, объединением их в рамках единой теоретической системы.

Систематизация, координация и в конечном итоге субординация научного материала представляют те необходимые этапы, через которые проходит в своем развитии любая зрелая наука. Уже на эмпирической стадии наряду с интенсивным накоплением новых фактов проис-

ходит и установление логических взаимосвязей между ними. Классификация и систематизация изучаемых явлений составляет первоначальный этап развития науки. Все зрелые, развитые науки, как правило, сравнительно давно прошли этот этап. Можно, однако, указать на такие разделы естествознания, как биологическая систематика, таксономия, а также частично на географию, которые до настоящего времени ограничиваются описанием и классификацией изучаемых ими явлений. Но и здесь описание не носит случайный характер, а отличается систематичностью. Гораздо более развитыми являются теории эмпирической психологии и конкретной социологии, в особенности те разделы, которые опираются на модельные представления и математические методы. Однако и этим теориям недостает широких обобщений, гипотез, принципов и законов, с помощью которых они могли бы объяснить накопленный эмпирический материал. Такое объяснение предполагает выявление логических взаимосвязей между имеющимися фактами, обобщениями, а самое главное — логический вывод эмпирически найденных результатов из небольшого числа основных принципов, законов и гипотез. Иначе говоря, на описательной и полуэмпирической стадии наука ограничивается координацией накопленного опытного материала. Дальнейший прогресс ее неизбежно связан с переходом от простой координации к субординации различных составных ее элементов.

Когда установлена субординация между различными суждениями теории, тогда, указывает Ф. Энгельс, одни формы суждений и умозаключений выводятся из других, а более высокие формы развиваются из нижестоящих¹. Этот процесс лучше всего прослеживается на примере теорий, структуру которых можно представить с помощью гипотетико-дедуктивного или аксиоматического методов. Даже в теориях с менее четко выявленной структурой обычно стремятся сконцентрировать весь основной материал вокруг ядра теории, т. е. ее законов, принципов и исходных гипотез и допущений.

Теоретические законы вместе с исходными принципами и гипотезами представляют исходный пункт для логического развертывания любой достаточно развитой научной теории. Именно в них сконцентрированы потен-

¹ См. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 538.

циальные возможности теории по объяснению и предсказанию фактов. Поэтому содержательные теории нельзя считать чисто эмпирическими хотя бы потому, что они базируются не только на эмпирических, но и на теоретических законах. Наиболее глубокие теории естествознания, такие, как эволюционная теория Ч. Дарвина, условнорефлекторная теория высшей нервной деятельности И. П. Павлова и многие другие, опираются не только на огромный фактический материал, но и на широкие, смелые обобщения и идеи, с помощью которых весь накопленный материал подвергается рациональной обработке. Такая обработка становится особенно необходимой на современной стадии научного познания, когда наука перешла к исследованию глубоких закономерностей мира мельчайших частиц материи, а также процессов, происходящих в глубинах космоса. Понятия, с которыми имеют дело в квантовой механике, теории «элементарных» частиц или в космологии, не имеют наглядного «эквивалента», как например понятия классической механики. Поэтому для их выражения прибегают к весьма абстрактным средствам и методам современной математики. Использование аппарата математики и логики дает возможность лучше понять внутреннюю связь между различными элементами научной теории, уточняет ее структуру и значительно усиливает эффективность ее предсказаний. Однако применение математики к опытному материалу сопряжено с огрублением и схематизацией реальных явлений и процессов, созданием математических моделей, с помощью которых непосредственное исследование самих явлений в силу их сложности заменяется изучением соответствующих абстрактных систем.

В математической модели вместо реального предмета или процесса вводится *идеальный*, или *абстрактный*, объект с четко фиксированными свойствами. Отношения между свойствами описываются в точных логико-математических терминах, при этом стремятся, чтобы эти отношения соответствовали реальным взаимосвязям изучаемого предмета. Именно такое соответствие и определяет ценность используемой математической модели. Однако соответствие никогда не может быть полным, так как при математическом моделировании отвлекаются от ряда не существенных для исследуемой проблемы свойств и отношений.

В зависимости от уровня абстракции, используемой при обработке естественнонаучного материала, можно выделить по крайней мере три основных уровня теорий математического естествознания¹. К *первому уровню* обычно относят теории, которые представляют математическую модель индивидуального явления. Так, используя методы теории автоматов, можно построить математическую модель функционирования сердца. Такие теории занимают довольно скромное место в естествознании. Математические методы в силу их абстрактности и вытекающей отсюда общности оказываются применимыми для описания целого ряда аналогичных по своей формальной структуре классов реальных явлений. Именно *теории второго уровня* абстрактности являются наиболее характерными для современного математического естествознания. Так, всюду, где явления обладают определенными свойствами симметрии, к ним может быть применен математический аппарат теории групп. Методы классического математического анализа хорошо приспособлены для количественного изучения самых различных по своей конкретной природе непрерывных процессов. Наконец, в *теориях третьего уровня* абстрактности формальный математический метод используется не только для количественного анализа явлений, но и для определенных способов обращения с абстрактными объектами самой теории.

С такого рода теориями мы обычно встречаемся в основаниях математики и в математической логике. Поскольку в математике исключается непосредственная апелляция к опыту, то первостепенное значение приобретают точность и строгость рассуждений, которая достигается посредством эксплицитного определения всех предположений и исходных допущений теории, а также строгого следования принятым правилам логического вывода. Математическая логика использует в этих целях метод формализации рассуждений, который дает возможность проследить правильность логических рассуждений, отсесть ссылки на разного рода неявные допущения, на интуицию и т. п. Аксиоматические и формализованные системы наилучшим образом подходят для

¹См. А. А. Ляпунов. О некоторых особенностях современного теоретического знания — «Вопросы философии», 1966, № 5,

решения указанной задачи, поэтому они и используются главным образом при решении проблем обоснования математики и логики.

2. Цель, структура и функция теории

Научная теория возникает как закономерный результат всей предшествующей познавательной деятельности. Поэтому она содержит в своем составе те элементы и формы, с которыми исследователь имел дело еще на эмпирической и начальной стадиях рационального познания. Эмпирические факты, гипотезы и законы являются необходимыми элементами при построении теории, но в рамках ее они не остаются неизменными. Поскольку теория дает отображение исследуемого объекта в единстве и цельности, то отдельные понятия, утверждения и законы, которые с разных сторон характеризуют объект, должны быть объединены в систему. Для этого приходится некоторые обобщениями гипотезы подвергать рациональной обработке, вводить новые допущения, абстракции и идеализации¹. Это показывает, что возникновение теории означает не простой, количественный прирост наших знаний, а коренной, качественный рост их, переход к новому, более глубокому пониманию сущности изучаемых явлений.

Необходимость в построении теории и отличие теории от других форм рационального познания станут более ясными, если подробнее раскрыть ее задачи и роль в научном исследовании.

(1) *Систематизация научного знания*. Хотя всякая наука начинается с накопления фактов и их обобщения, действительный ее прогресс происходит тогда, когда она переходит к построению теорий, с помощью которых все знания, известные в какой-либо отдельной области исследования, объединяются в единую систему. В такой системе стремятся большую часть знаний логически вывести из сравнительно небольшого числа исходных утверждений, которые в математике называют аксиомами, а в естествознании — гипотезами, принципами или законами. В качестве исходных посылок для вывода могут быть взяты либо обобщения и гипотезы, уже известные в нау-

¹ См. М. Попович, В. Садовский. Теория. — Философская энциклопедия, т. 5, М., 1970, стр. 205.

кё, либо — что бывает чаще всего — новые, более сильные гипотезы или принципы. Одна из важных задач построения теории в естественных науках состоит в том, чтобы получить найденные эмпирическим путем результаты как логические следствия некоторых исходных принципов или гипотез. Благодаря этому становится возможным контролировать и направлять процесс научного исследования. Располагая теорией, мы можем заранее сказать, какие эмпирические данные следует искать, при каких условиях их можно обнаружить. Иногда высказывается мнение, что открытие новых, интересных для науки фактов зависит исключительно от случая. Вряд ли можно с этим согласиться, так как при поиске новых фактов и даже планировании будущих наблюдений и экспериментов ученый руководствуется определенными теоретическими представлениями. Без соответствующей интерпретации сами факты останутся непонятыми, а поэтому и не могут быть обнаружены. Интерпретация предполагает обращение либо к существующей теории, либо к элементам вновь создаваемой теории. Кроме того, если некоторые факты, доступные непосредственному восприятию, можно случайно обнаружить без теории, то совершенно иначе обстоит дело с фактами, открытие которых требует использования специальных приборов и устройств. Объяснение объектов и явлений, непосредственно невоспринимаемых, в принципе невозможно без теории. Открытие радиоволн, генетического кода, античастиц и многих других явлений достаточно убедительно свидетельствует об этом.

(2) *Расширение, углубление и уточнение научного знания.* Систематизация результатов научного исследования, которая достигается с помощью теории, дает возможность, во-первых, логически вывести то знание, которое было известно до построения теории; во-вторых, получить новое, ранее неизвестное знание и таким образом расширить границы познания; в-третьих, углубить и уточнить существующие представления об исследуемой области действительности. Все эти особенности теории объясняются тем, что ее исходные положения — аксиомы, постулаты, гипотезы, законы и принципы — логически сильнее всех остальных ее утверждений. Вот почему построение теории не сводится к простой координации существующего знания, а обязательно предполагает использование более глубоких понятий, законов и прин-

ципов. Как уже отмечалось, классическая механика Ньютона, базирующаяся на трех основных законах движения и законе всемирного тяготения, смогла объяснить и уточнить галилеевский закон свободного падения тел и законы движения планет, установленные Кеплером. Действительно, в рамках ньютоновской теории закон свободного падения тел может рассматриваться как частный случай движения тела под действием гравитационной силы. Поскольку же гравитационная сила обратно пропорциональна расстоянию между телами, то формулировка Галилея справедлива лишь в определенных границах, а именно: только для случаев свободного падения тел вблизи земной поверхности, то есть когда путь падения значительно меньше радиуса Земли. Аналогично этому закон Кеплера об эллиптической орбите планеты, движущейся вокруг Солнца, не учитывает возмущающего влияния других планет и поэтому не является вполне точным.

Закон всемирного тяготения совместно с другими основными законами движения механики Ньютона позволяет количественно рассчитать возмущающее воздействие других планет и тем самым уточняет кеплеровский закон, показывая, что траектория планеты не является строго эллиптической. Такое уточнение и углубление существовавших ранее знаний способствовало открытию неизвестных, новых планет Солнечной системы. Создание сначала специальной, а затем общей теории относительности выявило, что и законы классической механики Ньютона справедливы лишь в определенных границах. Так, второй основной закон движения — о пропорциональности ускорения действующей силе — верен только для движений, скорость которых значительно меньше скорости света. В условиях, когда эта скорость оказывается сравнимой со скоростью света (например, при движении частиц в ускорителях), приходится учитывать релятивистские эффекты. Такого рода примеры можно было бы привести и из других областей естествознания. В целом более общая теория отличается от менее общей глубиной, а следовательно, логической «силой» своих исходных посылок: принципов, законов и гипотез. Вследствие этого менее общая теория может быть получена из более общей в качестве некоторого частного случая. Точнее говоря, математический аппарат менее общей теории представляет предельный случай более общей теории,

когда некоторые переменные принимают определенные, фиксированные значения.

(3) *Объяснение и предсказание явлений.* Подлинно научная теория не только систематизирует, расширяет и углубляет наше знание, но и объясняет его. Как уже отмечалось, при объяснении фактов и явлений всегда обращаются к законам, которые управляют этими явлениями. Однако в науке законы выступают не обособленно, а в составе той или иной теории, поэтому подлинно научное объяснение в конечном итоге достигается лишь с помощью теории.

Отдельные эмпирические законы могут объяснить те или иные непосредственно наблюдаемые свойства и отношения явлений, но они не могут вскрыть их сущность, механизм протекания процессов. Вот почему для их объяснения обращаются к теоретическим законам. Рассматривая процесс вывода эмпирических законов из теоретических, мы сознательно упростили дело, поскольку для такого вывода фактически используется не только один, обособленный теоретический закон, а вся совокупность идей теории.

В еще большей мере руководящая роль теории выступает при предсказании новых, ранее ненаблюдавшихся явлений. Многие из таких явлений без теории невозможно было бы обнаружить. Так, электромагнитная теория Д. К. Максвелла предсказала существование радиоволн, которые позже были экспериментально обнаружены Г. Герцем и впоследствии послужили основой для развития всей современной радиотехники. Общая теория относительности А. Эйнштейна предсказала отклонение светового луча в гравитационном поле и тем самым во многом способствовала признанию этой весьма сложной и абстрактной физической теории. Число подобных примеров можно было бы увеличить. Все они свидетельствуют о том, что предсказание новых, неизвестных явлений — важнейшая функция научной теории.

(4) *Повышение надежности научного знания.* Объединение научного знания в единую систему, раскрытие логических взаимосвязей между различными положениями теории в значительной мере способствует повышению надежности знания. Об этом уже говорилось в главе четвертой при обсуждении специфики гипотетико-дедуктивного метода. Отдельные утверждения, эмпирические обобщения или законы подтверждаются только теми фактами,

которые имеют к ним непосредственное отношение. Другими словами, когда эти факты могут быть выведены из обобщений или эмпирических законов, тогда их подтверждение служит доводом в пользу правильности сделанных обобщений. Будучи же включенными в состав теории, такие обобщения и законы косвенно подтверждаются теми следствиями, которые вытекают из других гипотез и законов, логически с ними связанных. Таким образом, если подтверждение отдельно взятого обобщения или закона ограничивается сравнительно небольшим числом фактов, то в составе теории эта область в принципе расширяется до границ, охватываемых теорией.

(5) *Объективная истинность теоретического знания.* Являясь высшей формой организации научного знания, теория повышает уровень достоверности знания в такой степени, что ее результаты обычно считаются практически достоверными истинами. В данном случае речь идет о достаточно разработанных научных теориях, а не о простой системе логически взаимосвязанных гипотез. Каким бы путем ни была найдена или построена гипотеза, эта форма научного познания дает предположительное, вероятностное знание о мире. Правда, степень такой вероятности может изменяться в довольно широких пределах, начиная от ложности и кончая практической достоверностью. Гипотеза дает первый, предварительный ответ на поставленную проблему, и поэтому степень ее вероятности обычно никогда не приближается к практической достоверности. Совершенно иначе обстоит дело с теорией, которая представляет завершение определенного цикла исследования, в ходе которого под влиянием опыта и практики происходит не только очищение и исправление отдельных гипотез, но и превращение некоторых из них в законы. Наконец, все ранее полученные и новые результаты в рамках теории связываются в единую систему, вследствие чего возрастает надежность и объективная истинность научного знания.

Никакая теория не может, однако, исчерпывающим образом отобразить исследуемую область действительности и претендовать на истину в «последней инстанции». Движение познания происходит от истин неполных, приблизительных, относительных к истинам все более полным и исчерпывающим, дающим все более точное отображение реального мира. Материалистическая диалек-

тика, указывает В. И. Ленин, «признает относительность всех наших знаний не в смысле отрицания объективной истины, а в смысле исторической условности пределов приближения наших знаний к этой истине»¹.

(б) *Теория как переход от абстрактного к конкретному знанию.* Научное исследование начинается с непосредственного, чувственного познания конкретных предметов и явлений. Поскольку чувственное познание не дает понимания сущности явлений, то его результаты приходится подвергать переработке посредством мышления. Первый цикл познания начинается, таким образом, от познания чувственно конкретного в самой действительности и завершается абстрактным мышлением. Абстрагируясь от несущественных свойств и отношений, наука получает возможность выяснить наиболее глубокие, внутренние связи и отношения явлений, т. е. их сущность. С помощью отдельных понятий, гипотез и законов отображаются те или иные стороны и отношения предметов и явлений. Такие абстракции представляют одностороннее знание. Вместо единой, связной, цельной картины явления они дают фрагментарное ее отображение. Вот почему К. Маркс справедливо называл такое знание абстрактным. Чтобы перейти от абстрактного знания к конкретному, необходимо привести все полученные абстракции в определенную систему. Первым этапом на этом пути является их координация, т. е. установление взаимоотношения между различными понятиями, утверждениями, гипотезами и законами. Второй этап, который можно назвать субординацией знания, предполагает выделение наиболее глубоких и общих исходных абстракций и посылок, из которых в дальнейшем выводится все остальное знание чисто рациональным путем. Научная теория как раз и является той формой мышления, которая обеспечивает достижение единого, синтетического знания и поэтому выступает как результат перехода от абстрактного знания к конкретному.

Суть метода восхождения от абстрактного к конкретному К. Маркс характеризует следующим образом: «Конкретное потому конкретно, что оно есть синтез многих определений, следовательно, единство многообразного. В мышлении оно поэтому выступает как процесс синтеза, как результат, а не как исходный пункт, хотя оно пред-

ставляет действительный исходный пункт и, вследствие этого, также исходный пункт созерцания и представления. На первом пути полное представление испаряется до степени абстрактного определения, на втором пути абстрактные определения ведут к воспроизведению конкретного посредством мышления»¹.

Конкретизация знания достигается в известной мере уже при установлении законов науки, но синтез многочисленных эмпирических фактов и обобщений требует введения дальнейших абстракций, приведения их в систему, что наиболее полно осуществляется в рамках теории. Следует также иметь в виду, что никакая научная теория не отображает всей конкретности исследуемой ею области действительности. Пользуясь словами В. И. Ленина, можно сказать, что любая теория представляет ступень к дознанию конкретного. «Бесконечная сумма общих понятий, законов etc. дает конкретное в его полноте»². Переход от отдельных гипотез и законов к теории, уточнение и обобщение полученной теории, объединение и синтез различных теорий в рамках научных дисциплин, интеграция разных наук представляют последовательные этапы, которые проходит научное познание на пути к достижению все более полного и конкретного знания об окружающем нас мире.

3. Гипотетико-дедуктивный метод построения теории

Гипотетико-дедуктивный метод настолько широко используется для анализа и построения теорий в естествознании и опытных науках, что многие специалисты по логике и методологии науки считают сами эти науки гипотетико-дедуктивными системами. Одним из видных защитников указанного метода является Р. Брейтвейт, посвятивший его анализу книгу «Научное объяснение», в которой гипотетико-дедуктивные системы полностью отождествляет с фактуальными науками вообще. Даже сам процесс научного исследования он замыкает рамками гипотетико-дедуктивного метода. Стало почти тривиальным утверждать, пишет Брейтвейт, что в каждой науке процесс исследования состоит в выдвигании гипотез

¹ В. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 18, стр. 139.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 12, стр. 727.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 252.

большей или меньшей общности, из которых могут быть выведены следствия, поддающиеся проверке с помощью наблюдения и эксперимента»¹. Однако процесс исследования не начинается сразу с выдвижения гипотезы, так же как не завершается проверкой ее следствий. Равным образом нельзя все многообразие существующих в науке теорий сводить к гипотетико-дедуктивным системам, а любую теорию рассматривать как «дедуктивную систему, в которой наблюдаемые следствия логически вытекают из конъюнкции гипотез и наблюдаемых данных»². М. Бунге рассматривает теорию как «совокупность гипотез, каждая из которых либо представляет первоначальное предположение, либо логически вытекает из других гипотез»³. Он хотя и подчеркивает открытый характер научной теории, тем не менее также преувеличивает гипотетический момент в ее формировании.

При гипотетико-дедуктивном методе построения научной теории гипотезы различной логической силы объединяются в единую дедуктивную систему, в которой гипотезы логически менее сильные выводятся, или дедуцируются, из гипотез более сильных. Иными словами, гипотетико-дедуктивная система может рассматриваться как иерархия гипотез, логическая сила и общность которых увеличивается по мере удаления от эмпирического базиса. На самом вершине такой системы располагаются гипотезы, при формулировании которых используются весьма общие и абстрактные теоретические понятия. Поэтому такие гипотезы не могут быть непосредственно сопоставлены с данными опыта. На самом низу системы находятся гипотезы, связь которых с опытом довольно очевидна.

С современной точки зрения гипотетико-дедуктивные теории по своей логической структуре можно рассматривать как интерпретированные аксиоматические системы, подобные, например, содержательной аксиоматике геометрии Евклида. Для этого следует принять в качестве аксиом наиболее сильные гипотезы, а все их следствия считать теоремами. Хотя с чисто логической точки зрения довольно трудно возражать против такого подхода, все же гипотетико-дедуктивная модель хорошо выявляет

¹ R. B. Braithwaite. *Scientific Explanation*. New York — London, 1960, p. VII.

² Там же, стр. 22.

³ M. Bunge. *Scientific Research*, vol. 1, p. 381.

некоторые специфические особенности дедуктивного построения опытного знания, от которых совершенно отвлекаются при аксиоматизации математических теорий. Начать с того, что гипотетико-дедуктивный метод не запрещает введения в процессе построения теории новых, вспомогательных гипотез, в то время как аксиоматическая система должна быть замкнутой. В ходе исследования исходные гипотезы обычно обрастают многочисленными вспомогательными гипотезами, дополнительной информацией, которая необходима для того, чтобы создаваемая теория была адекватной опыту.

Второе отличие относится к степени абстрактности этих теорий. Хорошо известно, что в современной математике аксиомами считаются не только суждения с определенным, фиксированным содержанием, но и любые схемы суждений или пропозициональные функции. Такая функция превращается в конкретное высказывание, когда исходным понятиям аксиоматической системы дается определенная интерпретация. Для математики как науки об абстрактных структурах, или формах, подобный подход является не только возможным, но и необходимым, поскольку он расширяет границы ее применения. В естествознании и опытных науках объекты теории допускают лишь одну-единственную интерпретацию, а следовательно, аксиомы могут пониматься только в смысле допущений, или гипотез, которые отображают закономерные отношения между свойствами реально существующих предметов и явлений. Различие между математикой и естествознанием образно можно представить так: в то время как математика описывает свойства и отношения, справедливые во всех возможных мирах, естествознание изучает единственный реальный мир, свойства и закономерности которого раскрываются в тесном взаимодействии теории с опытом и практикой.

Одна из отличительных черт гипотетико-дедуктивных теорий состоит в том, что в них устанавливается строгая последовательность уровней, на которых располагаются гипотезы соответственно их логической силе. Чем выше уровень гипотезы, тем больше она участвует в процессе логического вывода следствий. И наоборот, чем ниже этот уровень, тем меньше она используется для дедукции, тем ближе она к фактам. Такую субординацию трудно установить в аксиоматических системах, в особенности когда они берутся в абстрактной, неинтерпретированной

форме. Когда теория представлена в аксиоматической форме, то все аксиомы считаются равноправными. Однако такой подход лишает исследователя возможности выделить центральные идеи и предположения теории, мотивировать их выбор. В результате этого, как справедливо замечает П. Ачинштейн, исходные идеи и предположения теории кажутся произвольными допущениями¹

Разбирая преимущества и недостатки гипотетико-дедуктивного метода, полезно сопоставить его с другим широко распространенным, индуктивным методом. В прошлом индукция считалась специфическим и едва ли не единственным способом исследования в эмпирических науках. Поэтому данные науки нередко называли даже индуктивными. Индуктивисты полагают, что обобщения гипотезы и законы науки могут быть получены с помощью канонов индуктивной логики. Между тем методы индукции дают возможность обнаружить лишь простейшие обобщения и эмпирические законы, которые объясняют весьма ограниченное число фактов. Не случайно такие обобщения и законы находятся на самом низу гипотетико-дедуктивной системы. При построении теории их стараются логически вывести из более сильных и общих посылок, которыми служат теоретические законы, гипотезы или принципы. Таким образом, гипотетико-дедуктивная теория явно превосходит результаты, полученные с помощью индуктивного исследования. В то время как индукция делает попытку как-то объяснить возникновение новых гипотез и законов, гипотетико-дедуктивная модель оставляет открытым вопрос о получении исходных посылок системы. Индуктивные методы, объясняя происхождение простейших эмпирических законов, тем самым стимулируют анализ тех эвристических и методологических принципов, которыми ученые часто неявно руководствуются при выдвижении гипотез и поиске законов. Гипотетико-дедуктивная модель не дает ответа на вопрос, как исследователь приходит к исходным гипотезам, законам и принципам своей теории. Поэтому можно сказать, что эта модель подходит главным образом для построения и систематизации готового, наличного эмпирического знания.

Однако гипотетико-дедуктивный метод нельзя противопоставлять индукции, как это часто делается в зару-

¹ P. Achinstein. Concepts of Science. Baltimore, 1968, p. 150.

бежной литературе. Оба эти метода не исключают, а хорошо дополняют друг друга. Индуктивный метод хотя и в несовершенной форме, но исследует ту сторону научного познания, которая связана с возникновением нового знания. Наряду с индукцией здесь существенная роль принадлежит многочисленным эвристическим приемам и средствам. Гипотетико-дедуктивный метод стремится привести в единую систему все имеющиеся знания и установить логическую связь между ними. Дальнейший шаг по пути систематизации и раскрытия логической структуры научного знания достигается с помощью аксиоматического метода.

4. Аксиоматический способ построения теории

Аксиоматический метод впервые был успешно применен Евклидом для построения элементарной геометрии. С того времени этот метод претерпел значительную эволюцию, нашел многочисленные приложения не только в математике, но и во многих разделах точного естествознания (механика, оптика, электродинамика, теория относительности, космология и др.)¹.

Развитие и совершенствование аксиоматического метода происходило по двум основным линиям: во-первых, обобщения самого метода и, во-вторых, разработки логической техники, используемой в процессе вывода теорем из аксиом. Чтобы яснее представить характер происшедших изменений, обратимся к первоначальной аксиоматике Евклида. Как известно, исходные понятия и аксиомы геометрии у него интерпретируются одним-единственным образом. Под точкой, прямой и плоскостью как основными понятиями геометрии подразумеваются идеализированные пространственные объекты, а сама геометрия рассматривается как учение о свойствах физического пространства. Постепенно выяснилось, что аксиомы Евклида оказываются верными не только для описания свойств геометрических, но и других математических и даже физических объектов. Так, если под точкой подра-

¹ См. В. Н. Садовский. Аксиоматический метод построения научного знания. — «Философские вопросы современной формальной логики». М., 1962; Г. И. Рузавин. О природе математического знания. М., 1968, гл. 2.

зумевать тройку действительных чисел, под прямой, плоскостью — соответствующие линейные уравнения, то свойства всех этих негеометрических объектов будут удовлетворять геометрическим аксиомам Евклида. Еще более интересной является интерпретация этих аксиом с помощью физических объектов, например состояний механической и физико-химической системы или многообразия цветовых ощущений. Все это свидетельствует о том, что аксиомы геометрии можно интерпретировать с помощью объектов самой различной природы.

Такой абстрактный подход к аксиоматике в значительной мере был подготовлен открытием неевклидовых геометрий Н. И. Лобачевским, Я. Бойаи, К. Ф. Гауссом и Б. Риманом. Наиболее последовательное выражение новый взгляд на аксиомы как абстрактные формы, допускающие множество различных интерпретаций, нашел в известной работе Д. Гильберта «Основания геометрии» (1899 г.). «Мы мыслим, — писал он в этой книге, — три различные системы вещей: вещи *первой* системы мы называем *точками* и обозначаем A, B, C, \dots ; вещи *второй* системы мы называем *прямыми* и обозначаем a, b, c, \dots ; вещи *третьей* системы мы называем *плоскостями* и обозначаем $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ ». Отсюда видно, что под «точкой», «прямой» и «плоскостью» можно подразумевать любые системы объектов. Важно только, чтобы их свойства описывались соответствующими аксиомами. Дальнейший шаг на пути отвлечения от содержания аксиом связан с их символическим представлением в виде формул, а также точным заданием тех правил вывода, которые описывают, как из одних формул (аксиом) получаются другие формулы (теоремы). В результате этого содержательные рассуждения с понятиями на такой стадии исследования превращаются в некоторые операции с формулами по заранее предписанным правилам. Иначе говоря, содержательное мышление отображается здесь в исчислении. Аксиоматические системы подобного рода часто называют формализованными синтаксическими системами, или исчислениями.

(Все три рассмотренных типа аксиоматизации находят применение в современной науке. К формализованным аксиоматическим системам прибегают главным образом при исследовании логических оснований той или

• Д. Гильберт. Основания геометрии. М.—Л., 1948, стр. 56.

иной науки. Наибольший размах такие исследования получили в математике в связи с обнаружением парадоксов теории множеств. Значительную роль формальные системы играют при создании специальных научных языков, с помощью которых удается максимальным образом устранить неточности обычного, естественного языка. Некоторые ученые считают этот момент чуть ли не главным в процессе применения логико-математических методов в конкретных науках. Так, английский ученый И. Вуджер, являющийся одним из пионеров использования аксиоматического метода в биологии, полагает, что применение этого метода в биологии и других отраслях естествознания состоит в создании научно совершенного языка, в котором возможно исчисление. Основой для построения такого языка служит аксиоматический метод, выраженный в виде формализованной системы, или исчисления. В качестве алфавита формализованного языка служат исходные символы двух типов: логические и индивидуальные. Логические символы отображают логические связи и отношения, общие для многих или большинства теорий. Индивидуальные символы обозначают объекты исследуемой теории, например математической, физической или биологической. Подобно тому как определенная последовательность букв алфавита образует слово, так и конечная совокупность упорядоченных символов образует формулы и выражения формализованного языка. Для отличия осмысленных выражений языка вводят понятие правильно построенной формулы. Чтобы закончить процесс построения искусственного языка, достаточно четко описать правила вывода или преобразования одних формул в другие и выделить некоторые правильно построенные формулы в качестве аксиом. Таким образом, построение формализованного языка происходит так же, как и построение содержательной аксиоматической системы. Поскольку содержательные рассуждения с формулами в первом случае недопустимы, то логический вывод следствий сводится здесь к выполнению точно предписанных операций обращения с символами и их комбинациями.

Главная цель использования формализованных языков в науке — критический анализ рассуждений, с помощью которых получается новое знание в науке. Поскольку в формализованных языках отображаются некоторые аспекты содержательных рассуждений, то они

могут быть использованы также для оценки возможностей автоматизации интеллектуальной деятельности.

Абстрактные аксиоматические системы получили наибольшее применение в современной математике, для которой характерен чрезвычайно общий подход к предмету исследования. Вместо того чтобы говорить о конкретных числах, функциях, линиях, поверхностях, векторах и тому подобных объектах, современный математик рассматривает различные множества абстрактных объектов, свойства которых точно формулируются с помощью аксиом. Такие совокупности, или множества, вместе с описывающими их аксиомами теперь часто называют абстрактными математическими структурами.

Какие преимущества аксиоматический метод даст математике? Во-первых, он значительно расширяет границы применения математических методов и зачастую облегчает процесс исследования. При изучении конкретных явлений и процессов в той или иной области ученый может воспользоваться абстрактными аксиоматическими системами как готовыми орудиями анализа. Убедившись в том, что рассматриваемые явления удовлетворяют аксиомам некоторой математической теории, исследователь может без дополнительной трудоемкой работы сразу же воспользоваться всеми теоремами, которые следуют из аксиом. Аксиоматический подход избавляет специалиста конкретной науки от выполнения довольно сложного и трудного для него математического исследования. Для математика этот метод дает возможность глубже понять объект исследований, выделить в нем главные направления, понять единство и связь разных методов и теорий. Единство, которое достигается с помощью аксиоматического метода, по образному выражению Н. Бурбаки, не есть единство, «которое дает скелет, лишенный жизни. Это питательный сок организма в полном развитии, податливый и плодотворный инструмент исследования...»¹. Благодаря аксиоматическому методу, особенно в его формализованном виде, становится возможным полностью раскрыть логическую структуру различных теорий. В наиболее совершенном виде это относится к математическим теориям. В естественнонаучном знании приходится ограничиваться аксиоматизацией основного ядра теорий. Далее, применение аксиоматиче-

ского метода дает возможность лучше контролировать ход наших рассуждений, добиваясь необходимой логической строгости. Однако главная ценность аксиоматизации, особенно в математике, состоит в том, что она выступает как метод исследования новых закономерностей, установления связей между понятиями и теориями, которые раньше казались обособленными друг от друга.

Ограниченное применение аксиоматического метода в естествознании объясняется прежде всего тем, что его теории постоянно должны контролироваться опытом. В силу этого естественнонаучная теория никогда не стремится к полной законченности и замкнутости. Между тем в математике предпочитают иметь дело с системами аксиом, которые удовлетворяют требованию полноты. Но как показал К. Гёдель, всякая непротиворечивая система аксиом нетривиального характера не может быть полной. Требование непротиворечивости системы аксиом гораздо существеннее требования их полноты. Если система аксиом будет противоречивой, она не будет представлять никакой ценности для познания. Ограничиваясь неполными системами, можно аксиоматизировать лишь основное содержание естественнонаучных теорий, оставляя возможность для дальнейшего развития и уточнения теории экспериментом¹. Даже такая ограниченная цель в ряде случаев оказывается весьма полезной, например для обнаружения некоторых неявных предпосылок и допущений теории, контроля полученных результатов, их систематизации и т. п.

Наиболее перспективным применение аксиоматического метода оказывается в тех науках, где используемые понятия обладают значительной стабильностью и где можно абстрагироваться от их изменения и развития. Именно в этих условиях становится возможным выявить формально-логические связи между различными компонентами теории. Таким образом, аксиоматический метод в большей мере, чем гипотетико-дедуктивный, приспособлен для исследования готового, достигнутого знания. Анализ возникновения знания, процесса его формирования требует обращения к материалистической диалектике, как наиболее глубокому и всестороннему учению о развитии.

¹ См. М. Э. Омельяновский. Диалектика в современной физике, стр. 303.

¹ Н. Бурбаки. Очерки по истории математики, стр. 259.

5. Математизация теоретического знания

Одним из характерных проявлений современной научно-технической революции является широкое использование математических методов в самых различных областях теоретической и практической деятельности¹. Говоря о применении математики в научном познании, обычно имеют в виду использование таких ее методов, которые позволяют выразить свойства и закономерности исследуемых явлений численным способом. Хотя численные методы по-прежнему играют доминирующую роль в различных отраслях приложений математики, все же ими не исчерпывается вся совокупность средств и методов современной математики. Наиболее характерным проявлением сегодняшней математизации научного знания можно назвать все большее использование таких разделов и методов математики, в которых вопросы измерения величин не играют существенной роли. О математизации той или иной науки в подлинном смысле можно говорить только тогда, когда математика начинает применяться для построения ее теорий, поиска новых закономерностей, создания точного научного языка,

а) Метрические (численные) аспекты математизации

Большинство математических методов, которые используются в естествознании и опытных науках, условно можно назвать функциональными. В самом деле, взаимосвязь и взаимозависимость различных величин, характеризующих самые разные по своей конкретной природе процессы, может быть выражена с помощью математических функций. Естественно, поэтому, что методы математического анализа таких функций оказываются наиболее эффективными для количественного исследования изучаемых явлений. Современный математический анализ располагает мощными методами изучения разных типов функциональных зависимостей, начиная от клас-

сических методов дифференциального и интегрального исчисления и кончая новейшим функциональным анализом.

Хотя отдельные попытки применения специальных математических методов для исследования природы были предприняты уже в античную эпоху, систематическое их использование начинается с эпохи Возрождения, когда возникает экспериментальное естествознание. Опытное исследование природы требовало отказа от прежних умозрительных, спекулятивных методов. Это диктовало необходимость обращения к точным количественным методам изучения явлений. Не случайно Галилей, впервые применивший экспериментальный метод для исследования проблем механики, стал широко привлекать математику для их количественного анализа. Однако он опирался на довольно несовершенный математический аппарат. Ньютон для построения теоретической механики вынужден был создать дифференциальное и интегральное исчисления, так как математика постоянных величин не годилась для поставленных им целей. «Математические начала натуральной философии» Ньютона содействовали широкому проникновению новых математических методов в естествознание и технические науки.

Функциональные модели математики могут быть разделены на два больших класса. К первому из них относятся модели динамического типа, в которых значение функции точно определяется значениями ее аргументов. Многие теории классической физики используют именно эту модель, опирающуюся на аппарат дифференциальных уравнений.

Второй класс моделей в математике обычно называют моделями статистического типа. В отличие от динамических здесь некоторые переменные заданы лишь с той или иной степенью вероятности. Наибольшее применение статистические модели находят при анализе массовых случайных явлений или процессов, которые стали объектом изучения многих современных наук, начиная от физики и кончая социологией. В качестве математического аппарата статистики используется теория вероятностей. Вероятностные методы в настоящее время получили широкое распространение, без них не обходится построение теорий ни в физике, ни в биологии, ни в социологии, ни в экономике.

¹ См. Б. В. Гнеденко. Математизация современного естествознания. «Математическая диалектика и методы естественных наук». М., 1968.

б) *Неметрические аспекты
математизации*

Численные (метрические) аспекты математизации как теоретического, так и эмпирического знания являются наиболее знакомыми способами использования математических методов. Не случайно вплоть до конца прошлого века математику нередко определяли как науку об измерении величин. Однако такое определение не охватывает содержания не только современной математики, но и математики прошлого века. В математике давно возник целый ряд новых разделов и дисциплин, в которых вопросы измерения величин не играют существенной роли (проективная геометрия, теория групп, топология, теория множеств и другие). В первое время казалось, что эти новые абстрактные теории имеют лишь внутриматематическую ценность. Со временем выяснилось, что они дают возможность адекватнее выражать закономерности реальных процессов в физике, химии, биологии, экономике и технике. В качестве примера сошлемся на теорию групп, которая первоначально возникла в алгебре в связи с проблемой решения уравнений высших степеней (XVIII в.). Только в конце XIX в. методы этой теории начинают привлекать внимание естествоиспытателей. В 1895 г. Е. С. Федоров использовал их для исследования структуры кристаллов, обнаружив в них 230 пространственных групп. Здесь теория групп была применена только для классификации и описания. Более существенную роль ее понятия и методы, в частности теория представлений групп, играют в современной физике — теории относительности и квантовой механике. Другим примером может служить математическая логика. В 30-е годы она рассматривалась как сугубо абстрактная наука, единственной задачей которой служил анализ математических доказательств и рассуждений. После разработки теории алгоритмов и рекурсивных функций математическая логика нашла многочисленные теоретические и практические применения при анализе и синтезе вычислительных машин и кибернетических устройств. Эти примеры, число которых можно было бы увеличить, свидетельствуют о том, что возрастание абстрактности математики не означает отрыва ее от действительности. Наоборот, с помощью более абстрактных теорий удается полнее и глубже отобразить существенные связи и отно-

шения реального мира. Применение таких теорий в развитых науках современного естествознания: теории относительности, квантовой механике, теории «элементарных» частиц, космологии, квантовой химии, молекулярной биологии и других — диктуется самим уровнем развития этих наук. В современной физике вместо наглядных моделей используются математические модели, которые в абстрактной форме глубже выражают закономерности, существующие в микромире. Назначение таких моделей состоит не в том, чтобы зрительно, наглядно представить процессы: с помощью математических уравнений и формул выражаются зависимости между величинами исследуемого процесса. В этом отношении наиболее характерно изменение роли математики в современной физике. Если в классической физике модель процесса обычно строилась чисто качественными методами и только после этого к ней применялась математика, то в современной физике чаще всего прибегают к построению математической модели. Одним из важных методов построения новой теории в современной физике выступает метод математической гипотезы, о которой рассказывалось в главе четвертой. Для отображения объектов с трудно представимыми свойствами микрочастиц современная физика все больше и больше прибегает к понятиям и методам новейшей математики. История создания квантовой механики и общей теории относительности свидетельствует о большой эвристической ценности математики в современном естествознании. В. И. Ленин специально это подчеркнул, анализируя сущность революции в физике конца XIX — начала XX в. В «Материализме и эмпириокритицизме» он писал, что прогресс в физике и естествознании состоит в приближении «к таким однородным и простым элементам материи, законы движения которых допускают математическую обработку...»¹.

¹ В. И. Ленин. Поли. собр. соч., т. 18, стр. 326.

Содержание

<i>Введение</i>	3
Глава 1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ.	7
1. Обыденное и научное знание.	
2. Предмет методологии науки.	13
3. Основные этапы развития методологии науки	25
Глава 2. НАУЧНАЯ ПРОБЛЕМА	34
1. Выбор и постановка научных проблем.	35
2. Разработка и решение научных проблем.	42
3. Классификация научных проблем.	48
Глава 3. МЕТОДЫ ЭМПИРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	53
1. Наблюдение.	
а) Интерсубъективность и объективность	56
б) Непосредственные и косвенные наблюдения	58
в) Интерпретация данных наблюдения.	60
г) Функции наблюдения в научном исследовании	62
2. Эксперимент.	64
а) Структура и основные виды эксперимента	67
б) Планирование и построение эксперимента	70
в) Контроль эксперимента.	75
г) Интерпретация результатов эксперимента	77
д) Функции эксперимента в научном исследовании	80
3.	84
Глава 4. ГИПОТЕЗА И ИНДУКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.	97
1. Гипотеза как форма научного познания.	99
2. Гипотетико-дедуктивный метод.	108
3. Математическая гипотеза.	119
4. Требования, предъявляемые к научным гипотезам	127
5. Некоторые методологические и эвристические принципы построения гипотез.	137
6. Методы проверки и подтверждения гипотез	153
Глава 5. ЗАКОНЫ И ИХ РОЛЬ В НАУЧНОМ ИССЛЕДОВАНИИ.	162
1. Логико-гносеологический анализ понятия «научный закон».	164

2. Эмпирические и теоретические законы	178
3. Динамические и статистические законы	186
4. Роль законов в научном объяснении и предсказании	194
Глава 6. МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПОСТРОЕНИЯ ТЕОРИИ	212
1. Основные типы научных теорий	
2. Цель, структура и функция теории.	217
3. Гипотетико-дедуктивный метод построения теории	223
4. Аксиоматический способ построения теории	227
5. Математизация теоретического знания.	232
а) Метрические (численные) аспекты математизации	—
б) Неметрические аспекты математизации	234

Рузавин Г. И.

P82 Методы научного исследования. М., «Мысль»,
1975.

237 с.

В монографии обсуждаются основные методы эмпирического и теоретического исследования, которые характерны для различных стадий процесса научного познания. В отличие от общей теории познания главное внимание обращается на анализ тех приемов, средств и методов познания, с помощью которых получают новое знание в науке. Анализ проблем методологии ведется преимущественно на материале естественнонаучного знания, хотя многие выводы применимы и к познанию социальных явлений.

л 10501-254
р—————55-74
004(01)-74

Ш

Рузавин Георгий Иванович

МЕТОДЫ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Редактор *Л. Г. Князева*

Младший редактор *Л. В. Кривых*

Оформление художника *О. И. Коняшика*

Художественный редактор *А. А. Брантман*

Технический редактор *И. Г. Макарова*

Корректор *Т. Н. Левина*

Сдано в набор 2 августа 1974 г. Подписано в печать 12 сентября 1974 г. Формат 84X108/32. Бумага типогр. Л» 2. Усл. печатных листов 12,6. Учетно-издательских листов 12,89. Тираж 14000 экз. АО 1897. Заказ X° 920. Цена 93 коп.

Издательство «Мысль».

117071. Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

Московская типография № 11 Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 113105, Нагатинская, 1.