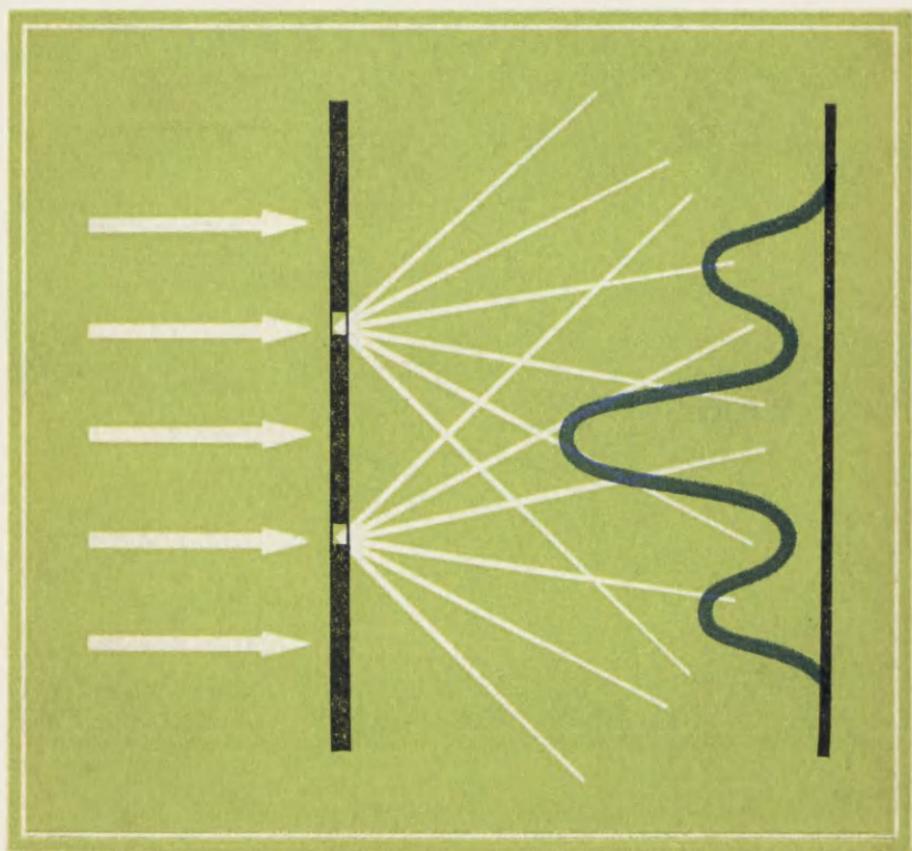


МИР
знаний

Л.А. ДРУЯНОВ

Законы природы и их познание



МИР ЗНАНИЙ

Л.А. ДРУЯНОВ

Законы природы и их познание

Книга для внеклассного чтения
8—10 классы

МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1982

Рецензенты:

доктор философских наук, проф. *Л. А. Петрушенко* (Московский
ордена Трудового Красного знамени институт управления
им. С. Орджоникидзе), доктор пед. наук, проф. *В. В. Мултановский*
(Кировский педагогический институт)

Друянов Л. А.
Д76 **Законы природы и их познание: Кн. для
внеклас. чтения. 8—10 кл.— М.: Просвещение,
1982.— 112 с., ил.— (Мир знаний).**

В книге в популярной форме раскрываются содержание категори
и научного закона и его роль в процессе познания объективной
действительности.

Автор показывает значение субъективного, творческого факто
ра в конструировании научных законов, отражающих объективные
законы природы.

Д $\frac{4306021100-467}{103(03)-82}$ 239—82

ББК 22.3
53

ВВЕДЕНИЕ

О чем эта книга? Казалось бы, ответить на этот вопрос не трудно. Название ее говорит о том, что речь пойдет в ней о законах природы, а с законами природы, и в частности с физическими законами, вам приходилось сталкиваться не раз на страницах учебников. Это и закон Паскаля, и закон Бойля — Мариотта, и закон Кулона и многие другие. Так что вопрос «Что такое закон природы?» на первый взгляд кажется простым.

Но это лишь на первый взгляд.

Дело в том, что в этой книге будет рассказано не о том или ином конкретном законе природы, одном из тех, которые мы перечислили выше, а о законе вообще, о понятии закона, т. е. об особенностях, структуре и функциях, которые присущи всякому закону, к какой бы области знания он ни относился.

Рассмотрением законов природы с этой точки зрения, т. е. изучением понятия закона, не занимается ни одна из тех естественных наук, с которыми знакомит школьное преподавание, т. е. ни физика, ни химия, ни биология и т. д. Это задача особой, очень важной, интересной и довольно сложной науки — марксистско-ленинской философии. Закон является одним из наиболее важных, фундаментальных философских понятий, или категорий. Именно в качестве философской категории рассматривается понятие закона в этой книге.

Постараемся разъяснить, почему чтение популярной философской книжки о понятии закона не только увлекательное, интересное, но и необходимое дело.

Действительно, мы живем в очень динамичном и быстро развивающемся мире. Все стремительнее развертывается в наши дни научно-техническая революция, вызывающая к жизни необычайные достижения естественных наук и техники. За последние десятилетия огромных успехов достигли физика, математика, химия, биология, возникли новые разделы этих наук, а также такие совершенно новые области знания, как кибернетика, теория информации, бионика и многие другие. На этой основе стал возможен почти фантастический скачок в развитии техники и появились совершенно новые отрасли производства; преодолев земное тяготение, человечество совершило прыжок в космос и начало планомерно его осваивать.

Эти успехи человеческого гения в корне преобразовали условия жизни на нашей планете, выдвинув новые требования к самому человеку, к его навыкам, квалификации, умению ориентироваться в окружающем мире, и в особенности к его мировоззрению.

Благодаря научно-технической революции существенно изменился характер производственных процессов. Эти процессы все в большей мере автоматизируются. Современные машины принимают на себя функции, которые до сего времени выполнялись только человеком. В этих условиях все более выдвигаются на первый план функции человека, связанные с его способностями принимать и реализовывать нетривиальные решения, управлять деятельностью «умных» машин и направлять эту деятельность, а также создавать новые типы более сложных и совершенных машин. В связи с этим в наши дни предъявляются новые требования к тем, кто заканчивает обучение в средней школе и вступает в трудовую жизнь.

Эти требования многочисленны и многообразны. Однако первое и основное из них состоит в том, что молодой человек, получающий образование в средней школе, независимо от того, посвятит ли он себя практической деятельности или же продолжит учебу в высшей школе, должен обладать не только определенной суммой фактических знаний и умений, но и широким кругозором, научным мировоззрением, пониманием причин и путей развития природных явлений и исторических процессов. Выпускник средней школы должен не только знать, что, где и когда произошло, но и понимать, почему происходят те или иные явления или события и почему они такие, а не

иные. Важно, чтобы он умел их объяснять и принимать правильные решения в сложных ситуациях. У выпускника школы должно быть развито мышление человека-творца, а не простого исполнителя.

В развитии такого мышления большая роль принадлежит, конечно, всем школьным предметам. При их изучении формируются способность к творческому мышлению и научное мировоззрение. Но исключительно большое значение для развития мышления имеют философские знания.

Философия ставит своей задачей раскрыть место человека в окружающем его мире, происхождение и сущность сознания, пути и способы познания природы и общества. Поэтому ей принадлежит столь большая роль в формировании научного мировоззрения человека. При этом, подобно тому как, например, в физике используется ряд основных понятий (масса, сила, энергия, поле и др.), философия также располагает целой системой специальных категорий, с помощью которых формулируются ее важнейшие положения. К числу таких категорий относится также и понятие закона. Закон — это одна из наиболее важных философских категорий, необходимость изучения которой особенно возросла в связи с быстрым прогрессом естественных и социальных наук в наше время. Ведь каждая наука представляет собой систему взаимосвязанных друг с другом законов.

Существует старинная древнегреческая легенда об Ариадне, дочери царя Миноса. Когда на Крит прибыл Тесей, обреченный на съедение чудовищу Минотавру, обитавшему в лабиринте, из которого невозможно было найти выхода, Ариадна помогла герою, вручив ему клубок нитей. Убив Минотавра, Тесей с помощью нити, прикрепленной к выходу, выбрался из лабиринта. Эту легенду уместно вспомнить в связи со всем сказанным выше о значении философской науки для современного образованного человека.

Философия подобна ариадниной нити, ибо она дает возможность правильно истолковать действительность и, следовательно, найти выход из самых сложных и запутанных ситуаций, причем не только в практической жизни, но и в науке. С помощью философского мышления ученые решают наиболее трудные и острые научные проблемы. Марксистско-ленинская философия представляет собой

единственно верную методологию научного знания. Мы надеемся, что эта книга принесет пользу юным читателям — учащимся старших классов средней школы, вооружив их необходимыми основами теории познания.

В заключение несколько слов о том, как читать эту книгу.

Конечно, это не беллетристическое произведение, хотя автор и стремился к простому, разговорному языку. Читать эту книгу нужно с карандашом в руках, делая заметки, выписки, обращаясь за справками к словарю, возвращаясь к прочитанному еще раз, пока та или иная мысль не станет совсем понятной. Возможно, что после первого чтения кое-что останется неясным. Тогда лучше чтение книги повторить. Может быть, после известного перерыва ее будет полезно прочесть еще раз, ибо новый материал по различным предметам, изученный к этому времени, будет способствовать лучшему пониманию многих философских вопросов.

Автор будет считать свою задачу выполненной, если эта книга вызовет у читателей интерес к философским вопросам и побудит их к дальнейшему изучению этой увлекательной и важной науки.

Глава I

ОБЫДЕННОЕ И НАУЧНОЕ ЗНАНИЕ

Наука — это система, т. е. приведенная в порядок на основании известных принципов совокупность знания.

И. Кант.

«Знание есть сила» — это положение, провозглашенное Френсисом Бэконом (1561—1626), одним из родоначальников науки нового времени, оказалось поразительно прозорливым. За три с лишним века, которые прошли с того времени, человечество благодаря знаниям, науке достигло поразительных успехов. Наука приобрела огромное, ни с чем не сравнимое влияние на общество, коренным образом преобразовав условия его жизни. Знание действительно оказалось силой, и притом весьма могущественной.

Но что такое научное знание и в силу каких особенностей оно способно оказывать столь мощное воздействие на жизнь людей? Чтобы ответить на этот, далеко не простой вопрос, сопоставим науку с так называемым обыденным знанием.

Обыденное — его называют иногда также стихийно-эмпирическим — это такое знание, которым люди руководствуются в своем повседневном житейском обиходе. Это знание, хотя и не раскрывает глубинную сущность вещей, вполне достаточно для того, чтобы разумно решать вопросы, с которыми люди сталкиваются в своей повседневной жизни.

Однако возможности обыденного, стихийно-эмпирического знания при решении научных вопросов оказываются довольно ограниченными. Ф. Энгельс писал, что «...здравый человеческий рассудок, весьма почтенный спутник в четырех стенах своего домашнего обихода, переживает са-

мые удивительные приключения, лишь только он отважится выйти на широкий простор исследования»¹.

Поэтому многие положения науки, оцениваемые с точки зрения обыденного знания, представляются необычными, диковинными, парадоксальными. Особенно наглядно это может быть проиллюстрировано примерами из современной физики. Сегодня, пишет по этому поводу американский ученый Дж. Орир в своей книге «Популярная физика», мы сомневаемся даже в том, что $2+2=4$ в применении к физическим явлениям (в чем нет сомнения у «здорового рассудка». — Л. Д.). Физики хорошо знают, что если частица движется относительно некоторой инерциальной системы отсчета со скоростью 20 млрд. см/с, а сама эта система отсчета движется по тому же направлению со скоростью 20 млрд. см/с относительно другой инерциальной системы отсчета, то скорость частицы относительно второй системы отсчета равна не 40, а только 27,3 млрд. см/с. Мы твердо знаем правило сложения скоростей, хотя с точки зрения «здорового смысла» это правило может показаться странным. Результирующая скорость всегда будет меньше простой арифметической суммы ее составляющих. Если скорость мала по сравнению со скоростью света, то этот эффект все равно существует, хотя он и очень мал (потому мы и пренебрегаем им в повседневной практике, пользуясь обычным арифметическим правилом: $2+2=4$). Закон сложения скоростей был получен А. Эйнштейном в его теории относительности:

$$v_{\text{рез}} = \frac{v_1 + v_2}{1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}},$$

где c — скорость света.

А вот еще один пример. Направим пучок электронов из электронной пушки на непроницаемое препятствие, в котором имеются два отверстия (рис. 1). Поместим в отдалении за препятствием счетчик Гейгера и закроем отверстие B . Пусть в этом случае счетчик регистрирует ежесекундно 2 электрона. Если откроем отверстие B и закроем отверстие A , то снова получим 2 отсчета в секунду. И наконец, откроем оба отверстия. На опыте при этом иногда

¹ Энгельс Ф. Анти-Дюринг.— Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд., т. 20, с. 21.

наблюдается, что счетчик вообще перестает регистрировать электроны ($2+2=0$)! Результат не только меньше суммы двух слагаемых, как и в случае сложения скоростей, он меньше и каждого из слагаемых (что явно противоречит «здоровому смыслу»). Если немного подвигать счетчик в вертикальном направлении,

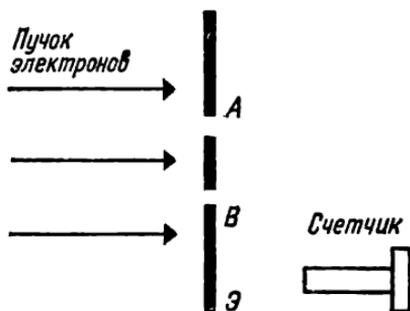


Рис. 1

можно найти точку, в которой он будет давать 8 отсчетов в секунду ($2+2=8$), т. е. вдвое больше простой суммы слагаемых (опять явное «противоречие»). На первый взгляд всему этому трудно поверить, однако это так, и столь необычные явления обусловлены волновой природой электронов.

Следовательно, то, что представляется естественным и понятным с точки зрения обыденного знания, оказывается совершенно иным с более глубокой, научной точки зрения, а обыденное знание оказывается недостаточным, а иногда даже и ложным.

В чем же состоит недостаток обыденного, стихийно-эмпирического знания?

Его недостаток состоит в том, что такое знание не выходит за пределы непосредственного восприятия явлений и объектов. Человек, руководствующийся в своих суждениях одним только обыденным знанием, ограничивается лишь тем, что он непосредственно видит и слышит, т. е. пассивными наблюдениями. Горизонт его представлений узок, его суждения носят неглубокий характер, они недостаточны для вскрытия глубинных, внутренних основ наблюдаемых явлений, их сущности. Поэтому стихийно-эмпирическое, обыденное знание часто вступает в противоречие с научными взглядами.

И тем не менее все же не следует относиться к нему чересчур пренебрежительно. Нельзя забывать, что с помощью обыденного знания добывается немало надежных сведений об окружающем мире и что оно не отгорожено непроходимой пропастью от знания научного. Более того, само научное знание выросло из повседневных наблюде-

ний, из обыденного знания и поначалу не выходило за его пределы. Лишь в дальнейшем своем развитии оно переросло эти пределы, приобрело самостоятельный статус, все более отдаляясь от обыденного знания. Недаром в книге А. Эйнштейна и Л. Инфельда «Эволюция физики» отмечается, что «...вся наука является ни чем иным как усовершенствованием повседневного (обыденного, стихийно-эмпирического.— Л. Д.) мышления». Не удивительно поэтому, что на начальных ступенях развития науки, когда еще не были разработаны специальные научные методы исследования, ученые опирались в своих представлениях на результаты непосредственных наблюдений. Лишь с дальнейшим развитием знания была раскрыта несостоятельность этих ранних представлений и они были заменены взглядами, основанными на более глубоком изучении природы.

Например, геоцентрическая система мира древнегреческого астронома Клавдия Птолемея (2 в. до н. э.), опиравшаяся на многочисленные астрономические наблюдения, сделанные его предшественниками (египетскими, вавилонскими и особенно греческими астрономами), в большой степени соответствовала непосредственным чувственным образам, которые может составить любой неискушенный наблюдатель. Эта система, хотя и удовлетворяла в течение ряда столетий многим практическим потребностям, оказалась непригодной, когда повысились требования к точности календаря и составлению навигационных карт.

Система Птолемея явно не соответствовала новым астрономическим данным, накопленным учеными. Как известно, это привело к тому, что она была заменена — не без длительного и упорного сопротивления со стороны церковников и в результате ряда драматических коллизий — гелиоцентрической системой Николая Коперника (1473—1543). Новая астрономическая система принципиально отличалась от геоцентрической. Она давала научное объяснение всем наблюдавшимся явлениям и позволила сделать немало важных предсказаний, хотя и противоречила обыденным представлениям, основанным на непосредственном восприятии. Истина лежала глубже, и она не усматривалась простым созерцанием.

Очень удачно изобразил эту ситуацию А. С. Пушкин в одном из своих поразительно ярких и глубоких философских стихотворений:

Движенья нет, сказал мудрец брадатый.
Другой смолчал и стал пред ним ходить,
Сильнее бы не мог он возразить;
Хвалили все ответ замысловатый.
Но, господа, забавный случай сей
Другой на память мне приводит:
Ведь каждый день пред нами солнце ходит,
Однако ж прав упрямый Галилей.

Да, действительно прав оказался Галилей, защищавший и развивавший систему Коперника, а не его противники — церковники, отстаивавшие библейские каноны и находившуюся в согласии с ними идею геоцентризма.

Другим примером воззрений, основанных на обыденном знании, на смену которым также пришли затем более глубокие научные взгляды, могут служить представления великого древнегреческого ученого Аристотеля (384—322 до н. э.) о движении тел, господствовавшие в силу огромного авторитета этого мыслителя вплоть до XVII в.

Аристотель учил, что если тело совершает прямолинейное движение по плоской поверхности с постоянной скоростью, то это означает, что на него действует постоянная сила, поддерживающая это движение. Легко видеть, что это воззрение Аристотеля представляло собой систематизацию непосредственных восприятий. В самом деле, примеры, на которые ссылался ученый, просты: лошадь непрерывно напрягается, чтобы тянуть повозку по ровной дороге. Следовательно, чтобы повозка двигалась, к ней должна быть приложена постоянная сила. Ссылка на непосредственные наблюдения приводила точно так же к заключению, что тяжелые тела падают быстрее, нежели легкие.

Лишь много веков спустя знаменитый итальянский ученый Галилео Галилей выступил против господствующей аристотелевской традиции. Он открыл закон падения тел и закон инерции. И хотя эти законы противоречили непосредственному восприятию явлений, из которого исходил Аристотель, они более глубоко и точно отражали суть названных явлений и служили основой как для дальнейшего развития науки, так и для практической деятельности.

Итак, следовательно, знание, основанное на непосредственных чувственных восприятиях, охватывает лишь сферу видимого, внешнего (сферу явлений) и не раскрывает в объектах внутренние существенные стороны и связи, которые определяют характер их поведения и развития. Получение обыденных знаний не носит систематического,

организованного характера, основанного на применении определенной методики. Получение же научных знаний связано с систематическими экспериментальными и теоретическими исследованиями на основе определенной методологии и конкретной методики. В силу этого научное знание не ограничено тем, что дано человеку в его непосредственном чувственном восприятии, а проникает во внутреннюю сущность вещей и благодаря этому служит основой для объяснения, предсказания и практической деятельности. В противоположность обыденному знанию, основанному на простейших индуктивных обобщениях и потому способному к развитию лишь в крайне слабой степени, научное знание непрерывно развивается и совершенствуется, раскрывая все более сокровенные тайны природы.

Научное исследование является целенаправленным. Его результаты выступают в виде системы понятий, законов, научных теорий. Говоря коротко, коренное отличие науки от обыденного (стихийно-эмпирического) знания состоит в том, что она носит систематический, последовательный характер, т. е. представляет собой знание, организованное в строгую систему, опирающуюся на научный метод. Такими научными системами являются, в частности, геометрия Евклида, классическая механика Ньютона, теория относительности Эйнштейна и др.

Важнейшими элементами, из которых строится научная система — наряду с фактами и понятиями, — являются научные законы (законы науки). Благодаря познанию законов наука смогла перейти от описания явлений, собирания и систематизации фактов — этим она главным образом и занималась в XVII—XVIII вв. — к их объяснению и предсказанию новых законов и новых явлений.

Глава 2

КАК ВОЗНИКЛО И СФОРМИРОВАЛОСЬ ПОНЯТИЕ ЗАКОНА ПРИРОДЫ

Полный исторический очерк понятия естественного закона явился бы историей человеческого разума.

Э. Борель

Понятие закона сформулировалось в результате длительного развития науки и философской мысли.

Из каких же источников почерпнуто это понятие?

Одним из таких источников является социально-историческая практика человечества. В древнем обществе, в условиях первобытного родового строя закон выступает прежде всего как неписанное, но тем не менее обязательное правило, которому должно подчиняться поведение людей, как определенный морально-этический принцип, установленный социальным коллективом.

При этом формирование понятия закона, начавшееся еще с того отдаленного от нас времени, связано с двумя формами общественного сознания, характерными для первобытного общества, — мифологией¹ и религией.

Мифы — это произведения народной фантазии, представляющие собой наивную попытку объяснить реальный мир, окружающий человека. В мифологическом мировоззрении мышление первобытного человека пытается построить воображаемую картину природы, аналогичную тому обществу, в котором он живет, т. е. перенести на природу родовые и племенные связи, господствовавшие в ту пору в социальном коллективе. Как известно, идеи античной мифологии наиболее ярко выражены в произведениях таких выдающихся поэтов древности, как Гесиод и Гомер.

Одним из центральных элементов античной мифологии было представление о господствующей в мире всеобщей необходимости, судьбе, которая фигурирует в произведениях Гомера под именем «мойра», «ананке». Судьба в «Илиаде» и «Одиссее» Гомера выступает в большинстве

¹ От греческого *mythos* — предание, сказание, *Мифология* — совокупность мифов.

случаев как некая абстрактная сила, объективная необходимость. Так зарождается одно из важнейших понятий античного мировоззрения — понятие необходимости, которое в последующем явилось предпосылкой идеи закономерности в природе.

В неразрывной связи с мифологией в первобытном обществе возникает также и религия, с помощью которой люди пытаются осмыслить мир и свое собственное существование.

Как и мифология, религия представляет собой фантастическое отражение в человеческом сознании земного, материального мира, в котором господствующие над человеком в его повседневной жизни внешние силы принимают формы неземных, сверхъестественных. Но если в мифологии содержались элементы познавательного подхода к действительности, то религия мистифицировала подлинные связи между явлениями. В силу этого мифология сыграла в основном прогрессивную роль, явившись одной из предпосылок древнегреческой философии, а также мощным арсеналом образов для искусства, в то время как религия играла в истории человечества главным образом отрицательную роль, тормозя не только познание мира, но и социальный прогресс в целом.

В религиозном мировоззрении понятие закона получило искаженное толкование. Закон с религиозной точки зрения — это предписание божества, т. е. нечто навязанное миру сверхъестественной силой. Именно на основе религиозного сознания возникло представление (бытующее среди некоторой части людей и в наши дни), что бог-де создал все вещи, а затем подчинил их своей воле в форме законов природы, после чего их поведение стало определяться божественным соизволением. Религиозное понятие о законе нашло подробное выражение в так называемых священных книгах — Библии, Коране, Ведах и др. В Библии, например, говорится, что бог при встрече с пророком Моисеем на горе Синайской, наряду с десятью заповедями, составлявшими на деле нравственные устои того времени, внушил ему также основные правовые нормы — законы рабовладельческого общества. Бог, согласно Библии, принудил к повиновению не только людей, но и природу.

В феодальном обществе религиозная идеология стала господствующей, и представление о том, что моральные и

юридические законы полностью санкционированы божеством, прочно утвердилось в сознании людей. Вследствие этого развитие передового философского и естественно-научного мышления, как и весь интеллектуальный прогресс человечества, идет под знаком упорной борьбы против религиозного мировоззрения, и в частности против религиозного истолкования закона. Результатом этой борьбы явилось преодоление религиозного представления о законе. Через многочисленные религиозные и мифологические наслоения идея естественного характера законов природы пробивается в истории научного мышления к своему рациональному выражению в естествознании и философии нового времени.

Первые попытки сформировать представление о закономерном характере мировых процессов, свободном от религиозных и мифологических подходов, были предприняты философами древнего мира. Наряду с общественно-политической практикой, из которой была заимствована идея закона, важным источником понятия закона природы для мыслителей того времени являлся сам объективный материальный мир, окружающая человека природа. Представление о гармоничности Вселенной, о повторяемости, инвариантности¹ протекающих в ней процессов было почерпнуто ими из непосредственного наблюдения за явлениями действительности. Это нашло свое выражение в ряде умозрительных философских систем, созданных древними мыслителями, в особенности в системах античных философов — Гераклита, Демокрита, Эпикура, Платона, Аристотеля и многих других. Естественно, однако, что попытка этих античных мыслителей сформировать представление о законе природы, определить понятие закона была еще весьма несовершенной. Ведь естествознание в то время только зарождалось и представляло собой ряд несистематизированных отрывочных сведений о природе. Кроме того, античная философия сама еще не до конца отделилась от мифологии и не разработала необходимых для определения закона природы философских по-

¹ От французского *invariant* — неизменный. Под инвариантностью понимается способность вещей, их свойств, связей между вещами (и, следовательно, выражающих их величин) оставаться неизменными при переходе от одних условий существования к другим.

нятий. Поэтому в произведениях античных философов, по сути дела, еще нет понятия закона природы, а есть лишь идея всеобщей необходимости, упорядоченности, гармоничности мира. Но и эта идея оказалась весьма важной. Глубоко выраженная в учениях мыслителей древности, она стала важной вехой в развитии понятия закона природы, естественного закона материального мира.

Только в новое время, в XVII—XVIII вв., понятие закона природы начинает все более глубоко разрабатываться философами и учеными. Это стало возможно благодаря тому, что развитие таких наук, как механика, математика, астрономия, продвинулось достаточно далеко, в результате чего было открыто немало важных законов материального мира. Опираясь на эти успехи естествознания, мыслители XVII и XVIII вв., отвлекаясь от присущих различным законам специфических различий, стремились выделить в них общие существенные черты, характеризующие всякий закон, закон вообще, безотносительно к специфике, обусловленной принадлежностью закона к той или иной области знания.

В истории философской мысли XVII и XVIII вв. особенно большое значение имели идеи выдающихся английских и французских философов-материалистов. Именно в их произведениях и разрабатывалось понятие закона. Особенно важную роль в этом отношении сыграли труды знаменитого французского философа и ученого Р. Декарта (1689—1755), выдающихся французских философов Ш. Монтескье (1689—1755), П. Гольбаха (1632—1677) и ряда других мыслителей. Однако мировоззрение философов-материалистов XVII и XVIII вв. не было последовательным в силу того, что они придерживались механистических¹ и метафизических² представлений о природе.

³ *Механицизм* — мировоззрение, согласно которому развитие природы и общества происходит только на основе законов механики. Возникновение механистической философии было связано с успехами классической механики XVII—XVIII вв. (Галилей, Декарт, Ньютон и др.), ставшей на долгое время образцом для всех наук.

² *Метафизическим* в марксистско-ленинской философии называется миропонимание, отрицающее развитие, изменчивость природы и общества. Метафизическому взгляду на мир противостоит *диалектический*, согласно которому природа и общество находятся в процессе постоянного развития, изменения. Диалектический подход к истолкованию явлений в природе и обществе — единственно научный.

Вследствие этого и определения понятия закона природы, которые формулировались философами-материалистами XVII—XVIII вв., несли на себе печать ограниченности их философских воззрений.

Действительно, законы природы для мыслителей XVII и XVIII вв. сводились к законам механики, законам механического движения (другие естественные науки в то время еще не были достаточно развиты), которые они рассматривали как всеобщие универсальные законы природы. Понятия научного закона (в отличие от объективного закона, закона внешнего мира) в то время еще не было. Законы природы, согласно метафизической точке зрения, рассматривались как вечные, постоянные, неизменные. При этом считалось, что закономерности присущи только природе, но не обществу, в котором будто действуют не объективные естественные законы, а свободное волеизъявление людей (законы развития общества создаются-де законодателями).

Значительный шаг в дальнейшей разработке понятия закона был сделан классиками немецкой философии конца XVIII — начала XIX вв. И. Кантом (1724—1804) и в особенности Г. Гегелем (1770—1831).

В этот период естественные науки из описательных, функция которых сводилась главным образом к собиранию и систематизации фактического материала, начинают постепенно превращаться в науки об отношениях, связях между элементами структуры, о законах функционирования и развития объектов. В научный обиход проникает идея развития природы. Это создает почву для более глубокой характеристики понятия закона, которое под влиянием успехов естествознания оказывается в центре внимания философов и ученых.

Оригинальное и глубокое истолкование понятия закона пытался дать Гегель, который подошел к его осмыслению с позиций теории развития, диалектики. В своих трудах он характеризует закон как относительно устойчивую сторону явления, как повторяющееся существенное отношение. При этом он подчеркивает, что законы природы, как и законы общественного развития, носят объективный, т. е. независимый от сознания людей, характер. Гегель придал истолкованию понятия закона диалектический характер.

Глава 3

ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ И ЗАКОНЫ НАУКИ

Закон есть существенное отношение.

Г. Гегель

Исходные принципы научной трактовки закона, опиравшиеся на обобщение важнейших достижений естествознания (в частности, на три великих открытия науки XIX в. — закон сохранения и превращения энергии, клеточную теорию и эволюционное учение Дарвина) и всей общественно-исторической практики человечества, были сформулированы лишь классиками марксизма-ленинизма — К. Марксом, Ф. Энгельсом, В. И. Лениным.

Что такое закон природы, каково его отличие от научного закона?

Термин *закон* многозначен. Говорят, например, о юридических законах, законах (или правилах) игры в шахматы, законах художественного творчества, законах объективного мира (или законах природы), законах науки. Нас будут интересовать два последних вида законов — законы природы и законы науки (физики, химии, астрономии и т. д.).

Разберемся прежде всего в том, что такое законы объективного (окружающего нас и существующего независимо от нас, от нашего сознания) мира, законы природы.

Дело в том, что природа, мир, который нас окружает, представляет собой совокупность вещей и явлений, находящихся в сложных и многообразных связях друг с другом. В мире нет ни одной вещи, ни одного явления, которые были бы изолированы от других, не были бы связаны с другими объектами или явлениями. Среди этих многообразных связей есть такие, которые носят случайный, единичный, преходящий характер. Они могут однажды воз-

никнуть и больше не повториться. В силу этого они не являются устойчивыми и не оказывают существенного влияния на ход тех или иных процессов. Например, солнечное затмение может произойти в ясную или же в пасмурную погоду. Характер процессов, при этом происходящих, не изменяется, ибо затмение обуславливается взаимным положением Солнца, Луны и Земли, а не типом погоды.

Наряду с этим в природе имеются и связи иного типа — существенные, определяющие характер тех или иных явлений, их поведение в определенных условиях. Такие связи и носят название объективных законов или законов природы.

Объективный закон, таким образом, — это существенная связь явлений (или же сторон одного и того же явления). Объективный закон относится не к отдельному объекту, а к совокупности объектов, составляющих определенный класс, вид, множество, определяя характер их «поведения» (функционирования и развития).

Объективными законы природы называются потому, что они присущи самой природе, самим явлениям (объектам) действительности и не зависят от воли и сознания людей; люди не могут ни изменить, ни отменить этих законов, в отличие, например, от юридических законов, которые устанавливаются государством (и следовательно, людьми), или же, например, от законов (правил) шахматной игры, законов (правил) спортивных состязаний, которые можно различным образом видоизменять на основе соответствующей договоренности.

Так, объективными, не зависимыми ни от отдельного человека, ни от человечества в целом, являются: закон обращения Земли вокруг Солнца, определяющий смену времен года; закон суточного обращения Земли вокруг своей оси; закон взаимного притяжения материальных тел (закон гравитации); закон взаимодействия электрических зарядов; закон взаимодействия проводов с током и многие другие законы.

Поскольку, таким образом, в природе действуют существенные связи (объективные законы), ее поведение не является случайным, хаотичным; она функционирует и развивается закономерным образом и наряду с изменчивостью, ей присущи относительная устойчивость и гармоничность.

Однако если законы объективны и действуют помимо воли и сознания людей, то не означает ли это, что человек бессилен перед природой, что он — игрушка в руках рока, «судьбы»? Оказывается, нет! Люди научились познавать объективные законы, объяснять и предсказывать с их помощью многообразные явления действительности, а также в какой-то мере подчинять их себе. Грандиозные успехи, которых добилось человечество, все его многообразные достижения в науке и технике — это непосредственный результат использования человеком познанных им объективных законов.

Каковы основные черты любого объективного закона, как он проявляется, действует, что такое научный закон и в чем состоит его отличие от закона природы (объективно-го закона), какие существуют типы научных законов?

Обратим прежде всего внимание на то, что всякий объективный закон (закон природы) носит необходимый характер; закон, закономерная связь всегда является в то же время необходимой связью, которая, в отличие от случайной связи, при наличии определенных условий неизбежно должна иметь место (произойти, наступить). Вот примеры: в результате закономерного обращения Земли вокруг Солнца с необходимостью происходит смена времен года; в результате закономерного суточного вращения Земли вокруг своей оси с необходимостью происходит смена дня и ночи; в результате действия закона гравитации все тела с необходимостью притягиваются к Земле, происходят приливы и отливы; в результате движения проводника в магнитном поле в нем возникает ЭДС и т. д.

Следовательно, существенная закономерная связь (закон) является в то же время и необходимой связью. Другими словами, необходимость — это важнейшая черта закона, закономерности. Всякий закон природы представляет собой, таким образом, выражение необходимого характера существенных связей в объективном мире.

Другая важнейшая черта всякого объективного закона — его всеобщность. Любой закон природы присущ всем без исключения явлениям или объектам определенного типа или рода: все материальные тела подчинены закону тяготения, все электрически заряженные объекты — закону Кулона, все проводники, движущиеся в магнитном поле, — закону электромагнитной индукции Фарадея и т. д. Еще Ньютон высказал убеждение, что закон тяготения

распространяется на всю Солнечную систему. Для того времени это означало убеждение в универсальности закона. «Конечно,— писал он в знаменитом сочинении «Математические начала натуральной философии», которое для краткости называют обычно «Началами»,— не может быть сомнения, что природа тяжести на других телах такова же как и на Земле». За два с лишним века, которые прошли с тех пор, кругозор человечества значительно расширился, и ученые в результате исследований проблемы тяготения пришли к заключению, что оно и в самом деле действует повсюду, и не только в Солнечной системе, но и в находящихся от нас на огромных расстояниях скоплениях звезд, в галактиках и в мельчайших частицах вещества — атомах. Об этом современный физик Ричард Фейнман в книге «Характер физических законов» пишет так: «Закон тяготения универсален. Он простирается на огромные расстояния, и Ньютон, которого интересовала Солнечная система, вполне мог бы предсказать, что получится из опыта Кавендиша, ибо весы Кавендиша, два притягивающихся шара,— это маленькая модель Солнечной системы. Если увеличить ее в десять миллионов раз, то мы получим Солнечную систему. Увеличим еще в десять миллионов раз, и вот вам галактики, которые притягиваются друг к другу по тому же самому закону. Вышивая свой узор, природа пользуется лишь самыми длинными нитями, и всякий, даже самый маленький образчик его может открыть нам глаза на строение целого». В этом высказывании выражена идея всеобщности (универсальности) закона тяготения — важнейшего закона природы, открытие которого составило целую эпоху в развитии науки. То, что сказано здесь о законе тяготения, может быть распространено и на другие законы природы. Если тот или иной объективный закон действует на Земле, то это значит, что он действует повсюду, где есть условия, в какой-то мере тождественные земным, и сходные объекты, между которыми может возникнуть данная существенная (закономерная) связь. (Из этого, разумеется, вовсе не следует, что во всей Вселенной действуют лишь одни и те же законы, подобные земным.)

Всеобщность — это, следовательно, вторая важнейшая черта объективных законов, законов природы.

Поскольку всякий закон носит необходимый и всеобщий характер, поскольку он осуществляется всегда и везде, когда и где для этого имеются сходные объекты и

соответствующие условия, постольку, следовательно, закономерные связи будут устойчивыми, стабильными, повторяющимися. Не случайно Гегель назвал область закономерных связей «царством спокойного». Говоря языком современной науки, эту мысль можно кратко сформулировать так: закон инвариантен относительно явлений. Это значит, что явления изменчивы, они случайны и преходящи, одни из них сменяются другими, в то время как закон остается, представляя собой проявление стабильности, устойчивости, повторяемости в природе¹. Такая повторяемость имеет место, например, в действии закона гравитации, результатом которого является обращение Земли вокруг Солнца, движение Луны вокруг Земли и чередование приливов и отливов; она наблюдается в проявлениях закона сохранения и превращения энергии и роста энтропии, закона строения атомов химических элементов и т. д. Поэтому закономерное развитие процессов вполне резонно рассматривается часто как упорядоченное, регулярное, а само понятие объективного закона связывается с представлением об упорядоченности. Это положение о стабильности, повторяемости, регулярности закономерных связей следующим образом выразил известный английский математик У. Сойер в книге «Прелюдия к математике»: «Закономерность — это наиболее стабильная характеристика постоянно меняющегося мира. Сегодняшний день не может быть похож на вчерашний. Нельзя увидеть одно и то же лицо под одним и тем же углом зрения. Узнавание возможно не потому, что опыт точно повторяется, а потому, что в огромном разнообразии жизненных явлений можно распознать определенные закономерности. Такую постоянную закономерность мы имеем в виду, когда говорим «мой велосипед» или «река Темза», хотя велосипед довольно быстро изнашивается, а воды реки непрерывно переливаются в море».

Легко видеть, какое значение имеет существование стабильности, повторяемости, порядка в природе для человечества, для науки и практической деятельности людей.

Если бы в природе ничего не повторялось и происходило всякий раз по-иному, ни человек, ни животные не мог-

¹ Разумеется, эта стабильность, устойчивость закона являются не абсолютными, а относительными. С течением времени законы тоже изменяются; на смену одним законам приходят другие.

ли бы приспособиться к окружающим условиям, стала бы невозможна целесообразная деятельность, научное познание, да и сама жизнь.

Очень ярко эту парадоксальную ситуацию изображает знаменитый французский математик Анри Пуанкаре (1854—1912) в книге «Наука и метод». «Представьте себе, — пишет Пуанкаре, — что существовало бы не 60 химических элементов¹, а 60 миллиардов и что между ними не было бы обыкновенных и редких, а что все были бы распределены равномерно. В таком случае всякий раз, как нам случалось бы подбирать на земле булыжник, была бы большая вероятность, что он состоит из новых, нам неизвестных элементов. Все, что мы знали бы о других камнях, могло бы быть совершенно неприменимо к нему. Перед каждым новым предметом мы стояли бы как новорожденный младенец; как и последний, мы могли бы подчиняться только своим капризам... В таком мире не было бы науки; быть может мысль и сама жизнь в нем были бы невозможны, ибо эволюция не могла бы развить инстинкт сохранения рода...» Приводя данный пример, Пуанкаре имел в виду повторяемость вещей, однако буквально то же можно сказать и о повторяемости существенных связей, законов.

В самом деле, представим себе, например, что вода при нормальном атмосферном давлении один раз будет кипеть при температуре в 100 °С, другой раз — при 50 °С, а в третий — при 30 °С или какой-либо иной температуре; или предположим, что свинцовая гиря в одном случае будет падать вниз, в другом (при тех же начальных условиях) — лететь вверх, а в третий раз вообще останется в воздухе во взвешенном состоянии и т. д. Ясно, что никаких ориентиров ни для познания, ни для практики человек тогда не получит, ибо он не сможет заранее знать характер поведения вещей и планомерно организовать свою собственную деятельность. Приходится согласиться со справедливой мыслью Пуанкаре, что в таком хаотическом мире была бы невозможна биологическая эволюция и, следовательно, вообще жизнь, не говоря уже о человеческом обществе, о науке, о целесообразной деятельности людей.

Поскольку повторяемость, упорядоченность, как мы

¹ Эти строки были написаны в 1904 г., когда были известны лишь 60 химических элементов.

выяснили, составляют важную характеристику объективных законов, научные поиски закономерных связей в природе начинаются обычно с констатации повторяемости определенной стороны или свойства изучаемых объектов. Может, разумеется, случиться и так, что в этих поисках будет найдена несущественная повторяющаяся черта, не выражающая закономерной связи. Например, как гласит дошедшая до нас легенда, великий древнегреческий философ-идеалист Платон (428/427—347 до н. э.) сформулировал своим ученикам определение человека как двуногого существа, лишенного перьев. Один из учеников философа, явившись на следующее занятие, бросил на стол ощипанную курицу и сказал: «Вот человек Платона». Ошибка великого мыслителя состояла, очевидно, в том, что в определении человека он исходил из несущественной, хотя и существующей объективно, повторяющейся связи (человек ведь действительно двуногое и он лишен перьев, но не это, разумеется, главное в человеке).

Следовательно, науку интересуют не любые повторяющиеся связи объектов, а лишь такие, которые носят в то же время существенный характер, т. е. ее интересуют существенные повторяющиеся связи. И если такая повторяемость обнаружена, есть все основания считать, что научный поиск натолкнулся на бывший ранее неизвестным объективный закон. Итак, чтобы открывать новые законы, наука ищет в явлениях природы повторяющееся.

На основании всего сказанного выше мы можем определить объективный закон (закон природы) как существенную связь, которая носит необходимый, всеобщий, повторяющийся (регулярный) характер.

Перейдем теперь к рассмотрению понятия закона науки (научного закона). Что такое научный закон и в чем его отличие от объективного закона, закона природы?

В самой общей форме на этот вопрос можно ответить так. Законы науки являются отражением законов природы. Они открываются и формулируются учеными и, следовательно, представляют собой наши знания о законах природы. Эти знания могут быть более или менее глубокими, адекватными, т. е. они могут воспроизводить и отражать объективные законы (законы природы) более или менее точно и полно. Другими словами, научные законы объективны по своему содержанию и субъективны по своей форме.

Научные законы не выдумываются произвольно, не создаются учеными по их усмотрению или прихоти, хотя выдумка, фантазия, изобретение играют в их создании немалую роль. Научные законы открываются. Это значит, что законы, которые действуют в природе, будучи обнаружены исследователем, истолковываются им и затем выражаются и формулируются с помощью определенного языка: обычного, естественного языка, которым мы пользуемся в своей обыденной жизни, или искусственного (например, математического) языка специальных обозначений.

Законы науки, таким образом, представляют собой как бы перевод объективных закономерностей природы на человеческий язык, или, иными словами, они являются идеальными (мысленными, понятийными) моделями¹ законов природы. В этом смысле и следует понимать высказанное выше положение, что научные законы являются отражением законов внешнего мира в человеческом сознании и что они, следовательно, объективны по своему содержанию (т. е. выражают существенные связи, которые имеются вне и независимо от нас) и субъективны по своей форме (так как выражены человеческой мыслью, на человеческом языке).

Возьмем, к примеру, закон всемирного тяготения, открытый Ньютоном и опубликованный им в 1687 г.

В окончательном виде формула этого закона для силы, действующей между двумя телами с массой M_1 и M_2 , выглядит так:

$$F = G \frac{M_1 M_2}{R^2},$$

где R — расстояние между рассматриваемыми телами, $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н · м²/кг² — гравитационная постоянная.

Формула закона Ньютона представляет собой типичный пример научного закона. Она выражает существенную необходимую связь, состоящую в том, что все тела в мире притягиваются друг к другу с силой, которая зависит от самих этих тел и расстояния между ними. В этом и состоит объективное содержание закона. Его субъективная форма — это его словесная или математическая формулировка, выражающая связь между понятиями (сила, масса,

¹ От французского *modele* — о б р а з е ц. В данном случае этот термин применен как синоним понятия «о б р а з».

расстояние), в которых наше сознание отражает объективные свойства вещей. Буквально то же можно сказать о любом другом научном законе (законе Бойля — Мариотта, законе Кулона, законе Ома и т. д.).

Но поскольку научные законы — это не сами существенные связи, а лишь их отражения в нашем сознании, то правомерен вопрос: адекватны ли научные законы соответствующим объективным законам?

Действительно, раскрыть содержание того или иного объективного закона и сформулировать соответствующий ему научный закон вовсе не просто. Ибо законы не лежат на поверхности и не могут быть обнаружены непосредственным наблюдением. Не случайно, например, Кеплер затратил на открытие законов движения планет всю свою сознательную жизнь; то же можно сказать о Фарадее и Максвелле, открывших и сформулировавших законы электромагнетизма, об Эйнштейне, трудившемся многие годы над созданием теории относительности, и многих других ученых.

Природа, таким образом, не легко расстается со своими тайнами и ученым приходится затрачивать немалые усилия, чтобы их открыть. И это открытие обычно происходило не сразу, не до конца, а в форме неполного, приближенного, относительного знания. Лишь в дальнейшем, на каждой последующей ступени развития науки, смысл и содержание объективного закона раскрывается все глубже и полнее, а формулировка соответствующего научного закона постепенно уточняется и становится все более адекватной отражаемому им объективному закону.

Это неполное соответствие между научными и объективными законами обусловлено прежде всего сложной структурой самой действительности. Существенные связи являются внутренними, глубокими и потому не могут быть постигнуты непосредственно. Кроме того, на каждой данной ступени развития науки методы научного поиска и научного познания, способы проникновения человеческого ума в сложную структуру реальности ограничены, несовершенны. Но того, что не смогло постигнуть одно поколение людей в данную эпоху, постигнут последующие поколения на новых этапах научного развития. Постепенно несоответствие между научными законами и соответствующими законами природы становится все меньшим, а адекватность этих законов все более возрастает.

Проиллюстрируем это на примере закона всемирного тяготения.

Как известно, открытие этого закона Ньютоном было одним из величайших триумфов познания, выдающимся подвигом человеческого гения. Закон Ньютона хорошо соответствовал результатам наблюдений. И тем не менее некоторых фактов он объяснить не мог. Не объяснял этот закон, в частности, смещения перигелия Меркурия (точки его орбиты, ближайшей к Солнцу).

Смысл этого явления состоял в следующем. Как известно, согласно первому закону Кеплера, планеты должны иметь эллиптические орбиты. Фактически же их перемещение происходит по более сложным кривым, так как движение планет возмущается влиянием соседних небесных тел. Для Меркурия, в частности, это возмущение проявляется особенно значительно в смещении его перигелия примерно на $540''$ за столетие (по отношению к неподвижным звездам). Если учесть влияние всех видимых известных планет, то для этого смещения получится величина порядка $500''$ за столетие. Различие в $40''$ за столетие между предсказанием, сделанным на основе закона тяготения Ньютона, и астрономическими наблюдениями казалось ученым необъяснимым, пока, наконец, его не дал А. Эйнштейн на основе разработанной им новой теории тяготения, вытекающей из общей теории относительности (ОТО). Нет сомнения, однако, и в том, что и эта теория — не окончательное слово науки. Ее дальнейший прогресс, дальнейшее усовершенствование научных методов с неизбежностью приведет ученых к соответственно более совершенному, более полному познанию всемирного тяготения, к появлению более совершенной теории гравитации.

Итак, научные законы, по мере прогресса наших знаний и познавательных возможностей, отражают объективные законы природы со все большей точностью и полнотой, т. е. становятся все более адекватными объективным законам, законам природы.

Глава 4

КАК СОЗДАЮТСЯ НАУЧНЫЕ ЗАКОНЫ

На свете есть вещи поважнее самых прекрасных открытий — это знание метода, которым они были сделаны.

Г. Лейбниц

МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ ЗАКОНОВ

Как уже говорилось выше, научные законы — это понятные, мысленные копии, модели объективных существенных связей, законов природы, или, как удачно выразился современный аргентинский философ-материалист Марио Бунге, воспроизведение этих законов в нашем сознании. И это воспроизведение, как справедливо подчеркивает Бунге, является крайне сложным, осуществляемым на основе создания так называемых абстрактных объектов, построения гипотез, использования многих других методов и приемов. При этом большую роль играет фантазия, интуиция, воображение. Было бы поэтому правильно сказать, что законы науки не только открываются, но и изобретаются, ибо в науке есть что-то от красоты и поэзии.

Очень ярко и образно эту мысль выразил известный шведский физик Ханнес Альфвен в своей книге «Атом, человек, вселенная». Работа ученого, по его мнению, напоминает работу художника: «Подобно тому как художник выражает свои мысли и чувства в красках, скульптор — в глине, музыкант — в звуках, так и профессионал от искусства науки использует формулы и законы, которые, подобно всему тому, что выражает обогащенный продукт мира, в котором мы живем, являют собой степень красоты. Высочайшая похвала, которую теоретик может заслужить, показывая вновь выведенную формулу, — это восторженный возглас своего коллеги: «Очень красиво!» Фактически красота формулы отличается от красоты музыки не более чем красота музыки от красоты картины... Древние греки относили астрономию к изящным искусствам, ее музой была Урания. Другие естественные науки не попали в их число лишь потому, что еще не существовали в то время...»

Как же создаются научные законы, как работают ученые?

Эмпирические научные законы выводятся на основе наблюдений и экспериментов, в ходе которых выявляется повторяемость, регулярность определенных существенных связей. Примерами таких законов могут служить законы Кеплера об обращении планет Солнечной системы. При выводе этих законов Кеплер опирался на огромный фактический материал, собранный в результате двадцатилетних астрономических наблюдений датского ученого Тихо де Браге (1546—1601). Эмпирическими являются закон Бойля — Мариотта, закон Ома и др.

Кроме наблюдений и опытов ученые при создании эмпирических законов используют также предварительные догадки (гипотезы). Так, Кеплер еще до открытия своего второго закона высказал предположение, что каждая планета движется по своей орбите вследствие влияния, которое оказывает на нее Солнце. «Вес тела, — писал он в книге «Новая астрономия или небесная физика» (1609), — представляет собой тенденцию всех тел вообще к соединению и аналогичен магнитному притяжению. Если бы во Вселенной было лишь два камня, они двигались бы один к другому, пока не встретились бы. Таким же образом Земля с Луной шли бы навстречу друг другу, если бы их не удерживала на их орбитах эквивалентная... сила...; но «влекущая сила» Луны проявляется на Земле в приливах и отливах — вода наших морей вся бы ушла на Луну, если бы Земля ее не удерживала».

Это была, как замечает современный американский физик Э. Роджерс в своей книге «Физика для любознательных», «сложная и маловероятная для того времени идея», но именно она помогла Кеплеру позднее открыть второй закон движения планет. Изучая движение Земли по орбите, Кеплер заметил, что это движение совершается неравномерно: зимой оно быстрее, чем летом. В поисках закона, по которому происходит изменение скорости, он и воспользовался гипотезой об импульсе, получаемом планетами от Солнца. Кеплер считал, что движение должно поддерживаться силой. Поэтому у него возникла мысль о существовании некоего «плеча», идущего от Солнца к каждой планете и толкающего ее вдоль орбиты. Чем больше расстояние, тем слабее должен быть толчок. Складывая (с помощью сложной геометрической схемы) дей-

ствие таких толчков от расположенного эксцентрично Солнца, Кеплер пришел к своему закону: радиус-вектор, проведенный от Солнца к планете описывает одинаковые площади за равные промежутки времени. Так, на примере открытия Кеплером второго закона обращения планет вокруг Солнца мы убеждаемся, что при построении эмпирических, наиболее простых, казалось бы, законов предварительная идея, предположение, догадка неизменно сопутствуют работе ученого.

Несравненно более трудным процессом является конструирование теоретических законов. В этом случае ученые прибегают к помощи весьма сложных и тонких методов.

Что это за методы?

Заметим прежде всего, что поскольку научные законы выражаются в виде связей между научными понятиями, отражающими те или иные существенные свойства объектов, необходимо разобраться вначале, как создаются эти научные понятия.

Процесс создания научных понятий называется абстрагированием¹, а сами понятия, возникающие в результате этого процесса, — абстракциями.

Создание абстракций начинается с группировки предметов по какому-то признаку. При осуществлении этой процедуры производится (фактическое или же мысленное) выделение каких-либо объектов, обладающих свойством, которое по тем или иным причинам представляет познавательный или практический интерес. При этом все эти предметы могут быть самыми различными по своей природе.

В одну группу, например, могут быть зачислены зеленый лист растения, забор или крыша того же цвета, гусеница и т. д.

Следующий этап — операция отождествления и отвлечения. Отождествление состоит в обнаружении некоторого общего свойства, которое в той или иной степени присуще всем сгруппированным предметам. Отвлечение может быть фактическим или же мысленным, воображаемым. Состоит оно в выделении общего свойства для всех предметов группы среди других свойств, которыми члены этой группы отличаются друг от друга. В приведенном примере всем

¹ От греческого *abstragiro* — отвлечение.

перечисленным предметам присуще одно и то же свойство: в условиях нормальной дневной освещенности они вызывают зрительное ощущение зеленого цвета. При этом мы отвлекаемся от всех других многообразных свойств элементов группы (их геометрической формы, физико-химического состава и др.), которые существенным образом отличают их друг от друга.

Заключительной процедурой в создании абстрактного понятия является вербализация¹, т. е. обозначение выделенного свойства с помощью определенного слова или словосочетания. При этом несущественно, какое это слово и какими мотивами руководствуются при введении его в употребление. Взятое само по себе это слово, конечно, никакого сходства с данным свойством не имеет. Оно лишь служит условным знаком, принятым во всеобщее употребление данным языковым коллективом для обозначения этого свойства. Такова в основных чертах процедура конструирования абстрактных понятий.

Абстракции играют огромную роль в познавательной деятельности. Их введение избавляет от необходимости изучать бесконечное множество явлений, отождествленных по определенному признаку, и дает возможность говорить о всех подобных объектах, как об одном и том же. Понятия — это орудия, замещающие не только отраженные ими предметы и явления, но и массу накопленных знаний о них, это — итоги познания, краткие резюме науки. Без них наша мысль сделалась бы расплывчатой, нечеткой.

О том, что получилось бы, если бы люди не пользовались в общении между собой понятиями, красноречиво повествует Джонатан Свифт. Один мудрец, рассказывает автор «Путешествий Гулливера», предложил для выражения мыслей пользоваться в разговоре не понятиями о предметах, а самими предметами. Многие последовали этому «мудрому» совету. Правда собеседникам приходилось таскать на плечах большие узлы с вещами. «Мне часто случалось, — рассказывает герой Свифта, — видеть двух таких мудрецов, сгибавшихся, подобно нашим разносчикам, под тяжестью огромной ноши. При встрече на улице они снимали с плеч мешки, открывали их и, достав оттуда необходимые вещи, вели таким образом беседу».

Понятия, следовательно, делают язык науки информа-

¹ От латинского *verbalis* — словесный.

ционно более емким, более насыщенным, давая возможность зафиксировать и передать знания с помощью наименьшего количества знаковых средств. Еще большей емкостью, нежели понятия, обладают законы науки.

Особенно важная роль в процессах создания научных законов принадлежит методу идеализации. Именно с помощью этого метода производится определенная схематизация действительности, без которой не может быть осуществлено построение научного закона.

Процесс идеализации тесно связан с абстракцией. Он представляет собой образование некоторых мысленных, идеализированных объектов путем отвлечения от принципиальной невозможности осуществить их опытным путем. Примером идеализированных объектов могут служить: абсолютно твердое тело, идеальный газ, несжимаемая жидкость, абсолютно черное тело, а также такие математические понятия, как точка, прямая линия, равносторонний треугольник и т. д. И хотя в действительности подобных объектов нет, их мысленное конструирование играет большую роль в познании.

Как же создаются идеализированные объекты, которыми оперируют в своих построениях ученые?

Рассмотрим это на примере формирования понятия абсолютно твердого тела. Абсолютно твердым называется тело, которое ни при каких условиях не меняет своей формы, или, другими словами, тело, расстояние между любыми двумя точками которого не меняется ни при каких воздействиях. Как известно, в природе таких тел не существует и даже алмаз при изменении условий, например при высоком давлении или высокой температуре, может оказаться весьма нетвердым. Свойством абсолютной твердости не обладает ни одно реальное физическое тело. Значит, понятие абсолютно твердого тела не может возникнуть в результате разобранной выше процедуры обобщения. Оно возникает лишь в результате так называемого предельного перехода, т. е. идеализации.

Для осуществления такого предельного перехода в рассматриваемом примере сравним между собой тела, состоящие из таких веществ, как воск, графит, свинец, гранит, алмаз. Легко заметить, что они обладают различной степенью твердости, т. е. различной способностью сохранять геометрическую форму при внешнем воздействии. Причем мы преднамеренно расположили эти вещества по степени

возрастания у тел свойства твердости. Наименьшей твердостью, как известно, обладает воск, наибольшей — алмаз. Теперь вообразим себе такое тело, которое не меняет своей формы ни при каких условиях. Оно и называется абсолютно твердым. Для того чтобы представить себе его, мы и осуществили логическую процедуру предельного перехода (идеализация).

При идеализации физическим объектам нередко приписываются такие свойства, которых в природе нет, т. е. вообразаемые свойства (их прообразами служат свойства реальных тел). Так, физики нередко оперируют представлением об идеальном газе, молекулы которого обладают абсолютной упругостью и представляют собой шарики исчезающе малых радиусов, причем потенциальная энергия их взаимодействия равна нулю. В природе таких газов нет, но в молекулярно-кинетической теории на основе этого понятия рассматриваются основные газовые законы (законы Авогадро, Бойля — Мариотта, Гей-Люссака, уравнение состояния газа Клапейрона). Эти законы строго справедливы лишь для идеального газа, однако они могут с некоторым приближением характеризовать также и состояние реальных достаточно разреженных газов в тех случаях, когда существует настолько значительная разница между общим объемом, занимаемым газом, и той частью объема, которая приходится на его частицы, что последней можно пренебречь так же, как и силами взаимодействия частиц на расстоянии (потенциальной энергией взаимодействия частиц). Если же указанные условия отсутствуют, то законы, полученные на основе идеализации, могут быть применены к реальной действительности лишь с известными поправками (такую поправку для уравнения Клапейрона дал, в частности, Ван дер Ваальс в 1873 г.). Подобно понятию идеального газа, представления о других идеальных объектах также дают возможность сформулировать важные научные законы.

Основное значение идеализации состоит в том, что вводимые фиктивные, вообразаемые объекты выступают как средство исследования поведения реально существующих объектов и процессов. Чтобы лучше уяснить значение метода идеализации для создания научных законов, рассмотрим в качестве примера те рассуждения, которые привели Галилея к открытию закона инерции.

Представим себе, что мы возьмем тележку по ровной до-

роге и внезапно прекратили ее толкать. Тележка, пройдя небольшой путь, остановится. Чтобы удлинить путь, проходимый тележкой после толчка, естественно прибегнуть к улучшению смазки колес и сглаживанию неровностей дороги. Это уменьшит внешнее воздействие (трение), тормозящее движение тележки, и, следовательно, увеличит длину участка дороги, проходимого свободно движущейся тележкой. Предпринимая все новые меры по уменьшению внешнего воздействия на тележку, мы будем добиваться все большего удлинения проходимого ею пути. В реальном эксперименте полного устранения этих взаимодействий практически добиться, конечно, невозможно. Однако выявленная нами закономерная связь между внешними воздействиями на движущее тело и длиной проходимого им пути дает возможность сделать заключение, что при полном устранении внешних воздействий тело будет двигаться бесконечно и притом равномерно и прямолинейно или же будет покоиться. В результате именно такого рассуждения (так называемого мысленного эксперимента) Галилей и пришел к формулировке закона инерции. В противоположность утверждению Аристотеля, что движущееся тело останавливается, если сила, его толкающая, прекращает свое действие, Галилей на основе своего мысленного эксперимента пришел к выводу, что если на тело не действуют никакие силы, то оно либо покоится, либо движется прямолинейно и равномерно. Позднее Ньютон включил это положение в число основных законов механики (первый закон Ньютона, хорошо известный читателю из школьного курса физики).

Таким образом, как справедливо замечают А. Эйнштейн и Л. Инфельд в книге «Эволюция физики», закон инерции было бы невозможно найти непосредственно из эксперимента. Его можно было найти лишь на основе мышления, связанного с наблюдением, т. е. путем ряда идеализаций, к которым и вынужден был прибегнуть Галилей. Мысленный эксперимент, хотя его никогда нельзя выполнить в действительности, ведет к глубокому пониманию действительных экспериментов.

Приведенный пример весьма поучителен. Во-первых, он наглядно показывает, что в науке для получения верных выводов нельзя ориентироваться на обыденный опыт. Научные знания получают с помощью совершенно иных методов и они дают подлинное объяснение непосред-

ственно наблюдаемым фактам, хотя это объяснение и противоречит обыденному опыту. «Огромный вклад Галилея в науку, как подчеркивают Эйнштейн и Инфельд в той же книге, состоял в разрушении интуитивного (основанного на обыденном опыте.— Л. Д.) воззрения и замене его новым».

Во-вторых, мысленный эксперимент Галилея был бы невозможен без операций с идеализированными объектами. Ибо прямолинейное и равномерное движение — понятия, играющие столь важную роль в его рассуждениях, — никогда нельзя реализовать: тележка, толкаемая вдоль дороги, никогда не может двигаться прямолинейно и равномерно, потому что невозможно полностью исключить влияние внешних сил.

Отсюда видно, сколь велико значение метода идеализации для науки.

В-третьих, так как при открытии и формулировании научных законов приходится прибегать к процедуре идеализации, а всякая идеализация представляет собой известное огрубление, упрощение действительности, то, следовательно, и сами научные законы, созданные с помощью этой процедуры, также представляют собой идеальные (т. е. упрощенные, огрубленные, схематизированные) модели объективных законов природы. Для возможности применения этих законов к реальным жизненным ситуациям необходимо вносить в них соответствующие поправки.

Именно в силу этого — как ни парадоксально на первый взгляд подобное утверждение — неточность экспериментов и наблюдений, всегда с неизбежностью обусловленная уровнем развития измерительной техники, часто не только не препятствует, но даже способствует открытию законов. Нельзя не согласиться поэтому с замечаниями известного немецкого физика Зоммерфельда, что, если бы Кеплер имел в своем распоряжении точные данные о движении планет, а не приближенные, полученные Тихо де Браге, возможно он не смог бы сформулировать свои законы движения планет Солнечной системы.

Именно поэтому законы, которые открывались на ранних ступенях развития науки, формулировались обычно в абсолютной форме. Позднее же, в связи с прогрессом техники измерения и эксперимента, с расширением сферы, которую этот эксперимент охватывает, формулировки зако-

нов уточнялись, снабжались оговорками, которые конкретизировали условия их применения. Так было, например, с уравнением газового состояния, удачную модификацию которого предложил Ван дер Ваальс. Другим примером может служить закон падения тел. Этот закон, согласно которому расстояние, проходимое свободно падающим телом, пропорционально квадрату времени падения, Галилей вывел на основе довольно грубых измерений. Он высказал гипотезу, что если бы сопротивление воздуха свободно падающему телу отсутствовало, то ускорение тела было бы вполне постоянным. С изобретением воздушного насоса эта гипотеза подтвердилась. Позднее, однако, выяснилось, что ускорение свободно падающих тел изменяется с географической широтой, а затем также и то, что оно изменяется с высотой. Возникла необходимость введения соответствующих поправок. Новое упрощение сложившейся ситуации было достигнуто с созданием закона всемирного тяготения Ньютона.

Итак, следовательно, даже самый точный, математически сформулированный закон науки всегда является приблизительным законом. Результаты вычислений, произведенных по формуле, выражающей этот закон, совпадают с действительными измерениями лишь с известной степенью точности. Однако это не следует рассматривать как недостаток научного закона, а, скорее, как его важное достоинство, ибо закон отражает не все, а лишь главные, существенные связи, в чем и состоит его назначение.

Операции по выработке научных абстракций не ограничиваются процедурами обобщения и предельного перехода. Большую роль в физической науке, наряду с указанными способами, играет создание особых понятий, которые носят название *теоретических* или *гипотетических* *конструктов*. К числу таких конструктов относятся, в частности, понятия электромагнитного поля, кванта действия, электрона, гравитационного потенциала и многие другие.

Чтобы разобраться, как и для чего создаются в науке теоретические (гипотетические) конструкты, рассмотрим, как образовалось, например, понятие (конструкт) «электромагнитное поле».

В 1820 г. датский физик Эрстед обнаружил отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током. Затем выдающийся английский физик Майкл Фарадей в 1831 г. открыл, что при замыкании цепи и возникновении электри-

ческого тока в одном проводнике в находящемся поблизости другом проводнике, расположенном параллельно первому, наблюдается индуцированный (наведенный) ток. Кроме того, Фарадей установил, что электрический ток, текущий по проводнику, намотанному на полый деревянный каркас, втягивает железный сердечник в отверстие этой катушки.

Чтобы объяснить наблюдавшиеся явления, пришлось допустить существование объекта непосредственно не воспринимаемого, невидимого, но тем не менее способного вызывать определенные физические процессы. Этот объектно-невидимку Максвелл, который дал в своих трудах глубокое теоретическое обоснование воззрений Фарадея и облек их в математическую форму, назвал электромагнитным полем.

Из приведенного рассуждения видно, что понятие электромагнитного поля не могло быть создано ни путем обобщения чувственных образов или впечатлений (ибо таковых от электромагнитного поля мы не получаем), ни путем предельного перехода (так как здесь не имеет места расположение объективного свойства по степени его нарастания). Конструирование этого понятия — это создание теоретического (или гипотетического) конструкта. Понятие электромагнитного поля потому так хорошо «работает» в науке и сыграло столь большую роль в ее развитии, что ему в природе соответствует реальный объект, имеющий те же свойства, которые ему приписали Фарадей и Максвелл.

Чтобы наглядно показать, сколь велико значение конструктов в создании научных законов и научных теорий, приведем еще один широко известный из истории современной физики пример.

Объектом пристального внимания ученых-физиков в конце XIX в. стал вопрос о спектре излучения так называемого абсолютно черного тела¹. Широкий диапазон цветов различной яркости, входящих в этот спектр, а также то обстоятельство, что на спектр излучения абсолютно чер-

¹ Понятие абсолютно черного тела, как мы уже говорили выше, является идеализацией. Хорошим приближением к такому телу (его вещественной моделью) может служить полый стальной шар с очень малым отверстием, через которое и происходит испускание или поглощение излучения.

ного тела не оказывает влияния ни природа вещества излучателя, ни состояние его поверхности сделали его идеальным объектом для исследования процесса излучения вообще.

Пытаясь вывести формулу распределения энергии в спектре излучения, физики начали с предположений, основанных на классической термодинамике и оптике. Такая попытка, однако, не увенчалась успехом. Найденная физиками формула не согласовывалась с экспериментальными данными, полученными в ультрафиолетовой области спектра, вследствие чего этот результат получил название «ультрафиолетовой катастрофы». Из теоретических представлений, которые привели к этому выводу, следовало, что излучение абсолютно черного тела, нагретого до высокой температуры, должно обладать бесконечно большой энергией в области высоких частот, т. е. в ультрафиолетовой области спектра и за ее пределами. Этот вывод был следствием господствовавшего в классической физике представления, согласно которому все процессы в природе (в том числе и распространение энергии) протекают непрерывно, т. е. природа не делает скачков.

Выход из парадоксальной ситуации нашел знаменитый немецкий физик Макс Планк (1858—1947). Вопреки традиционным представлениям, он в 1900 г. в работе «Теория закона распределения энергии нормального спектра» выступил с утверждением, что лучеиспускание, и прежде всего тепловое, происходит не непрерывно, а дискретно мельчайшими порциями — квантами.

Согласно высказанной Планком гипотезе, мельчайшие частицы материи могут излучать и поглощать энергию порциями, кратными

$$E = h\nu,$$

где h — константа, названная Планком квантом действия, ν — частота колебаний.

Формула, введенная Планком для объяснения излучения, сыграла огромную роль в развитии новой физики, а сам Планк, будучи по складу ума скорее консерватором, нежели революционером, оказался преобразователем науки. Квантовые представления явились фундаментальными для решения многих физических проблем. Достаточно сказать, что спустя пять лет после открытия Планка, в 1905 г.,

А. Эйнштейн применил понятие кванта к свету, а Нильс Бор в 1913 г. воспользовался им при разработке теории атома водорода.

Введение понятия кванта представляет собой еще один пример формирования теоретического конструкта. Как и понятие электромагнитного поля, оно не является результатом обобщения чувственных данных и не возникает в результате идеализации, а «изобретается» с целью решения определенной познавательной задачи. И это изобретение обусловлено не непосредственно экспериментом или наблюдением, а потребностями теоретического объяснения, необходимостью заполнить определенный пробел в научном миропонимании.

Выше мы говорили, что законы, в основе которых лежат непосредственные наблюдения, носят название эмпирических. Законы же, которые создаются на основе данных, полученных в результате процедур обобщения, идеализации и введения конструктов, называются теоретическими. При этом эмпирические и теоретические законы, несмотря на их различие, тесно связаны друг с другом: отношение теоретических законов к эмпирическим в какой-то мере аналогично отношению последних к фактам, с которыми мы имеем дело в наблюдениях или экспериментах. Подобно тому как эти факты обобщаются эмпирическими законами, сами эмпирические законы обобщаются в теоретических законах.

Не удивительно поэтому, что эмпирические законы могут быть выведены из соответствующих теоретических законов (при определенных допущениях, разумеется). Так, из закона всемирного тяготения Ньютона (теоретический закон) выводятся эмпирические законы Кеплера, из законов электромагнетизма Максвелла (теоретические законы) вытекают эмпирические законы Фарадея, Кулона и т. д.

Можно, следовательно, сказать, что теоретические законы в неявной форме содержат в себе эмпирические законы. Другими словами, эмпирические законы с помощью определенных правил, которые называются правилами соответствия, могут быть выведены из теоретических законов.

Так поступают, например, при истолковании среднекинетической энергии молекул газа (ненаблюдаемая величина) как его температуры, которая может быть измерена. Осуществляя подобные интерпретации, необходимо всякий

раз руководствоваться определенными представлениями о характере связи между ненаблюдаемыми объектами теории, как это было в приведенном случае, когда мы исходили из гипотезы о существовании молекул и характере их движения. Понятно, что эти представления по мере развития научных знаний совершенствуются и уточняются, в связи с чем развивается и уточняется интерпретация теоретических законов, добавляются и углубляются те правила, на основе которых теоретические представления связываются с опытом, с практикой.

Так, в кинетической теории газов, первоначально молекулы газа рассматривались как маленькие шарики, имеющие одинаковую массу и одинаковые скорости, зависящие только от температуры газа. Позднее, однако, было установлено, что газ не может находиться в устойчивом состоянии, если скорости всех частиц одинаковы. Максвеллом был найден закон вероятностного распределения молекул по скоростям, при котором состояние газа будет оставаться устойчивым. Так постепенно совершенствовалась молекулярно-кинетическая теория.

Однако значение теоретических законов (и научной теории, которая представляет собой совокупность взаимосвязанных между собой определенным образом теоретических законов) не исчерпывается только тем, что они объясняют уже известные эмпирические законы. Важная роль теоретических законов в развитии науки состоит также в том, что на их основе могут быть предсказаны новые, еще неизвестные закономерности. Так, из законов электромагнетизма, сформулированных Максвеллом, было выведено множество до того неизвестных законов электричества и магнетизма, что привело к возможности рассматривать оптику как часть учения об электромагнетизме.

Таким образом, теоретические законы, органически вплетенные в ткань научных теорий, наиболее глубоко выражают внутренние, сущностные характеристики объективного мира. Это проявляется, в частности, в том, что в небольшом количестве фундаментальных теоретических законов в концентрированной форме находит выражение огромное количество частных эмпирических фактов и закономерностей. Поэтому переход к все более общим, все более абстрактным и фундаментальным научным теориям, при котором происходит как бы «поглощение» частных теорий более общими и более глубокими, характеризует

стремление человечества к более полному и глубокому познанию мира.

Большую роль в процессах построения теоретических законов имеет метод гипотезы, которому посвящен следующий параграф настоящей главы.

ГИПОТЕЗА, ЕЕ РОЛЬ В ПОЗНАНИИ ЗАКОНОВ

Одним из важнейших методов открытия законов является выдвижение гипотез и их проверка, апробация. Гипотеза — это догадка, предположение. И когда ищут какую-то новую, пока еще неизвестную, но, возможно, существующую закономерность, о ней, или же о механизме ее действия, естественно, высказывается прежде определенное предположение. Это предположение может оказаться верным или же — полностью или частично — неверным, ложным. Единственным судьей, который выносит этот «вердикт», является опыт, практика.

«Вообще говоря,— пишет Р. Фейнман в книге «Характер физических законов»,— поиск нового закона ведется следующим образом. Прежде всего о нем догадываются. Затем вычисляют следствия этой догадки и выясняют, что повлечет за собой этот закон, если окажется, что он справедлив. Затем результаты расчетов сравниваются с тем, что наблюдается в природе, с результатами экспериментов или с нашим опытом и выясняют, так это или не так. Если расчеты расходятся с экспериментальными данными, то закон (лучше сказать гипотеза.— Л. Д.) неправилен. В этом простом утверждении — самое зерно науки... Если теория расходится с экспериментом, значит, теория неверна».

Действительно, гипотеза, интуитивное научное предположение, является неизменным спутником ученого в его творческой работе. Она представляет собой способ открытия нового, метод развития науки. Научные законы и теории открываются и формулируются в результате интеллектуальной деятельности, существенным компонентом которой является выдвижение гипотез. «Ни одна научная теория,— писал Макс Планк в своей работе «От относительного к абсолютному»,— не родилась в виде готовой системы, как Афина-Паллада из головы Зевса. Теории сначала живут несовершенно, даже часто более или менее

неясно в воображении своего творца и выходят на свет... лишь после тяжелых мук рождения, принимая научную приемлемую форму.»

Подлинный ученый не может обойтись в своей работе без изрядной толики догадок, воображения, фантазии. Ибо методом, «освобождающим нас от темницы непосредственного опыта и позволяющим сделать правомерным переход к законам,— как пишет английский философ-материалист Дж. Льюис в своей книге «Наука, вера, скептицизм»,— является метод гипотезы». Метод гипотезы это, в сущности, наиважнейший метод осмысления фактического научного материала. Без воображения, без изобретательности, без способности придумывать гипотезы в науке нельзя сделать ничего. Одна логика не способна привести к новым идеям, подобно тому как одна грамматика не способна вдохновить на создание поэмы. М. Планк полагал даже, что, если бы наука отказалась от разработки гипотез, она отказалась бы от важнейшего средства, необходимого для ее прогресса. Таким образом, на огромную роль гипотетических построений для развития науки неустанно указывали сами творцы естествознания. При этом весьма характерно, что те ученые, которые на словах отрицали необходимость гипотез, неизменно пользовались ими в своей работе. Ибо без гипотез не может быть творчества, а без творчества нет подлинной науки.

Так, Ньютон по сложившейся в истории науки традиции считается противником гипотез. «Гипотез я не измышляю»,— говорил великий ученый. Однако творец классической механики в действительности «измышлял» гипотезы, и притом в немалом количестве, особенно в своей «Оптике». Итальянский ученый Марио Льюцци в своей книге «История физики», говоря об отношении Ньютона к гипотезам, пишет: «Ньютон был жертвой иллюзии, присущей многим экспериментаторам: заявляя о желании придерживаться только фактов и отбросить всякие теории (гипотезы.— Л. Д.), он одновременно основывает истолкование своих экспериментальных результатов на новой теоретической (гипотетической.— Л. Д.) концепции светового луча — концепции корпускулярной...». Таким образом, творец классической механики в действительности в своем творчестве широко пользовался гипотезами. Ибо гипотеза — это и в самом деле такой инструмент науки, без которого ученому в его работе не обойтись. Следовательно, по-

строение гипотез — это закономерный этап в развитии научного творчества. С открытием новых явлений, с развитием науки вообще выясняется, что существующие научные законы (теории) не могут дать этим явлениям удовлетворительного истолкования, что они ограничены, неполны и поэтому нуждаются в пересмотре, изменении, дополнении, расширении, а возможно даже, и в замене новыми, более общими законами (теориями), включающими прежние законы (теории) в качестве частных, предельных случаев. Как справедливо подчеркивал А. Эйнштейн в книге «Физика и реальность», «наши представления о физической реальности никогда не могут быть окончательными, и мы всегда должны быть готовы менять эти представления...».

Необходимость в пересмотре существующих научных законов (теорий) и выдвижение на их место гипотез возникает тогда, когда в ходе экспериментальной деятельности обнаруживаются факты, выходящие за границы объяснительных возможностей этих законов (теорий). «Факт, — пишет Планк в книге «Единство физической картины мира», — является той архимедовой точкой, при помощи которой сдвигаются с места даже самые солидные теории». П. Л. Капица специально подчеркивал, что для ученого интересны не столько сами законы, сколько отклонения от них. «Экспериментаторы усерднее всего ведут поиск там, — писал Р. Фейнман в книге «Характер физических законов», — где вероятнее всего найти опровержение наших теорий. Другими словами, мы стараемся как можно скорее опровергнуть самих себя, ибо это единственный путь прогресса». Как ни необычно звучат приведенные слова Фейнмана, но это действительно так.

Гипотеза, таким образом, рождается из противоречия между научным законом (теорией) и экспериментом. Необходимость в разрешении этого противоречия как раз и толкает науку к выдвижению гипотезы, которая превращается затем (если она выдерживает проверку практикой) в научный закон (теорию).

Следовательно, гипотеза, выдвигаемая ученым, базируется на вновь открытых фактах и в принципе должна допускать эмпирическую проверку. Однако гипотеза должна быть не только приспособлена к новым фактам. Нередко оказывается, что и те научные факты, которые казались ранее достоверными и объяснимыми на основе старых воз-

зрений, должны быть пересмотрены в свете новой гипотезы.

Например, гипотеза Френеля о волновой природе света противоречила достоверному, как казалось тогда, утверждению, что тень, отбрасываемая непрозрачным диском, освещаемым точечным источником света, должна представлять собой темный круг. Из этой гипотезы вытекало, что в центре тени должно наблюдаться светлое пятно. Тщательно поставленные опыты показали, что прав оказался Френель. В центре тени действительно наблюдается светлое пятно, и, следовательно, свет проявляет волновые свойства. Другим характерным примером того же рода является опыт Гримальди (1618—1663), открывшего явление дифракции света. Этот опыт, поскольку он был проведен до появления не только волновой, но и корпускулярной теории света, рассматривался в то время как простой курьез. В свете же волновой гипотезы Юнга и Френеля он получил последовательное объяснение.

Важная особенность гипотезы состоит также и в том, что, прорывая рамки сложившихся представлений, она в то же время в какой-то мере должна их сохранять. Ибо в науке никогда не бывало такого нового знания, которое не определялось бы предшествующим знанием и не было с ним связано.

Разумеется, однако, что гипотеза должна соответствовать прежнему знанию в основном, но не полностью, не абсолютно. Ибо гипотеза, вырастая из существующих научных взглядов и не отрицая их полностью, является порождением кризиса этих взглядов, попыткой найти выход из этого кризиса и потому нередко ведет к открытию новых законов (теорий), как это было, например, с принципом относительности Эйнштейна, с гипотезой квантов Планка и т. д. От гипотезы следует требовать лишь частичной, а не полной согласованности с имеющимися знаниями, так как она может относиться к открытию, делающему некоторые из ранее полученных представлений несостоятельными.

Другими словами, развитие науки время от времени с неизбежностью приводит к пересмотру сложившихся ранее теоретических представлений, к перерыву постепенности в развитии научных идей, к преодолению рутины мышления, ибо, как пишет знаменитый французский физик де Бройль в книге «По тропам науки», «наука мо-

жет осуществить свои наиболее замечательные завоевания путем опасных внезапных скачков...».

Гипотеза иногда настолько порывает с традиционными представлениями, что она воспринимается вначале как нечто необычное, неправдоподобное, противоречащее здравому смыслу. Выдвигая гипотезы, ученые часто вынуждены ломать привычный порядок мысли, вступать в конфликт с существующими взглядами. Поэтому каждый значительный успех в истории науки обычно был шокирующим, парадоксальным, заставлял подходить к вещам по-новому. Не случайно Б. Шоу писал: «Многие великие истины были сначала кощунством». Нильс Бор назвал гипотезы, кардинально изменяющие стиль мышления физиков, «безумными». Безумными в смысле глубокого и существенного их отличия от существующих представлений, в том смысле, что они не укладываются в привычные образы и понятия.

Таким «безумным» скачком научной мысли можно считать, например, электромагнитную теорию Максвелла, не понятую многими современниками великого ученого. Американский физик Фр. Дж. Дайсон в своей увлекательной статье «Новаторство в физике» (1963 г.) рассказывает, какой трудный путь проделал американский ученый прошлого века Майкл Пупин, стремясь постигнуть смысл этой теории. Сначала, пишет Дайсон, он пришел в Колумбийский университет, но там никто не мог объяснить ему теорию Максвелла. Тогда Пупин отправился в Кембридж, где работал Максвелл; но Максвелл уже умер. Наконец он приехал в Берлин и нашел там Л. Больцмана, который разъяснил Пупину смысл этой «загадочной» теории. Пупин был поражен: как мало физиков, которые поняли эту теорию через 20 лет после того, как Максвелл создал ее в 1865 г.!

Анализируя причину, в силу которой смысл новой концепции в науке усваивается не сразу, Дайсон справедливо замечает, что она «всегда одна и та же: современные ученые пытаются представить себе эту новую концепцию в понятиях тех идей, которые существовали прежде». И далее Дайсон пишет, что «сам открыватель страдает от этой трудности больше всех: он приходит к новой концепции в борьбе со старыми идеями и старые идеи еще долго потом остаются языком, на котором он думает».

Действительно, идеи Максвелла, казавшиеся физикам

столь непривычными, со временем постепенно вошли в их повседневный обиход. Ученые научились мыслить на языке новых понятий. Но то, что произошло с теорией Максвелла, в новых условиях и на новом уровне случилось с теорией относительности. А. Эйнштейна, а затем — с квантовой механикой, которые также в течение некоторого времени оставались «странными», трудными и непостижимыми теориями.

Стремясь подчеркнуть невозможность наглядного (модельного) восприятия квантовой механики, Р. Фейнман в книге «Характер физических законов» замечает: «Мне кажется, я могу смело заявить, что квантовой механики никто не понимает». Конечно, в этом заявлении содержится известное преувеличение. Несомненно, однако, также и то, что в нем имеется и немалая толика правды. Квантовая механика и для нашего времени является еще «трудной» теорией. Она не может быть осмыслена в рамках классических представлений, подобно тому как это происходило в свое время с учением Коперника или теорией Максвелла.

Таким образом, развитие науки протекает так, что рано или поздно существующие знания (научные законы и теории) с неизбежностью вступают в противоречие с предположениями, выдвинутыми для объяснения новых фактов. Трагизм возникающей при этом ситуации состоит обычно в том, что и сами ученые — творцы новых гипотез, как это было, например, с Максвеллом или Планком¹, нередко пытаются истолковать эти факты с традиционных позиций, что, естественно, приводит к серьезным коллизиям. Однако с течением времени гипотезы, казавшиеся ранее фантастическими и парадоксальными, будучи подтверждены практикой, занимают должное место в системе научного знания.

¹ Максвелл пытался истолковать свои представления об электромагнитном поле и происходящих в нем процессах с помощью механических аналогий. Однако электромагнитные явления подчиняются особым, специфическим закономерностям и механическими законами не могут быть объяснены.

Планк, вводя в физику понятие кванта, рассматривал это как временную меру, полагая, что в дальнейшем ему удастся примирить новое представление с классическими взглядами на излучение энергии как на непрерывный процесс, что также оказалось невозможным. «Мои тщетные попытки как-то ввести квант действия в классическую теорию продолжались в течение ряда лет и стоили мне немалых трудов», — писал Планк.

Противоречия между существующими научными представлениями и вновь выдвигаемыми предположениями, гипотезами, постоянно возникающие и неизменно разрешающиеся победой нового, — одна из важных движущих сил развития науки.

Так, противоречие между гипотезой Коперника и учением Птолемея привело к победе гелиоцентризма; противоречие между гипотезой квантов и классической теорией непрерывного излучения энергии привело к возникновению квантовой теории. Подобным же образом конфликт между классической механикой и гипотетическими обобщениями, вытекающими из эксперимента Майкельсона — Морли, привел к специальной теории относительности.

Следовательно, научный закон (научная теория), прежде чем стать достоверным достоянием науки, обычно выступает вначале как научное предположение, гипотеза. Гипотетическими, правдоподобными были вначале все фундаментальные законы и теории современного естествознания. Естественно, что превращение правдоподобных (гипотетических) построений науки в достоверные ее положения происходило в результате многосторонней и длительной проверки опытом, практикой. Именно поэтому, подчеркнем еще раз, сколь бы фантастичной и парадоксальной ни была та или иная гипотеза, одно из важнейших требований, которому она должна удовлетворять, состоит в ее принципиальной проверяемости¹. Эта существенная особенность научных гипотез отличает их от всякого рода умозрительных построений, мифологических объяснений, беспочвенных домыслов, опровержением которых ученым время от времени приходится заниматься.

Как апробируется гипотеза? Каким путем выясняется ее соответствие (или, наоборот, несоответствие) действительности, ее истинность (или ложность)?

Доказательство гипотезы, ее подтверждение, превращение догадки в достоверное апробированное знание —

¹ Говоря о принципиальной проверяемости гипотезы, мы имеем в виду, что если она не сможет быть подтверждена (или опровергнута) в данное время, то такая возможность наступит рано или поздно с усовершенствованием экспериментальной техники. Такой принципиально проверяемой гипотезой, например, была гипотеза Эйнштейна, объясняющая отрицательные результаты эксперимента Майкельсона—Морли, в то время как конкурирующая с ней гипотеза Лоренца—Фитджеральда проверяемых объяснений не давала.

это, вообще говоря, весьма сложный многосторонний процесс. Процесс этот представляет собой практическое подтверждение гипотезы, т. е. подтверждение гипотезы совокупностью всех форм предметной деятельности людей (производственная деятельность, наблюдение и эксперимент, сопоставление следствий из гипотезы с достоверным научным знанием, проверенным предшествующей практикой, и т. д.).

Наиболее простой разновидностью гипотезы является предположение о существовании какого-либо объекта, процесса или свойства. В этом случае гипотезы доказываются простым обнаружением того объекта, процесса или свойства, о существовании которого идет речь в гипотезе.

Примером подтверждения гипотезы такого типа может служить доказательство предположения К. Максвелла (1857), согласно которому кольца Сатурна должны состоять из множества крохотных телец, самостоятельно обращающихся вокруг планеты. Спектральные исследования блестяще подтвердили эту гипотезу.

Другой пример подтверждения гипотезы о наличии определенного факта относится к открытию планеты Нептун (1846). Произошло это открытие следующим образом. Французский ученый Жан Жозеф Лаверье (1811—1877), составляя таблицы движения планет, обратил внимание на то, что орбита Урана отклоняется от той, по которой планета должна двигаться согласно расчетам, выполненным на основе закона всемирного тяготения Ньютона. Лаверье высказал предположение, что отклонение Урана вызвано «взмущающим» влиянием неизвестной в то время планеты и вычислил ее предполагаемую орбиту и координаты. Берлинский астроном И. Галле, получив сообщение Лаверье, с помощью телескопа обнаружил гипотетическую планету, названную Нептуном. Так справедливость гипотезы Лаверье была доказана, и она превратилась в достоверное знание. Заметим, что подобным же образом (путем непосредственного наблюдения) подтверждаются и высказываемые геологами гипотезы о наличии полезных ископаемых (угля, нефти, калийных солей и т. д.) в определенном географическом районе.

Однако в приведенных примерах мы имели дело с чрезвычайно простыми гипотезами, подтверждение которых достигалось путем непосредственного обращения к наблюдению. В большинстве же случаев приходится иметь дело

со значительно более сложными гипотетическими построениями, когда подтверждение лишь одного следствия, вытекающего из гипотезы, не может явиться достаточным основанием для ее апробации, ибо, как справедливо указывает советский философ Л. Б. Баженов в книге «Строение и функции естественнонаучной теории», «это следствие может вытекать и не из данной гипотезы, а из какой-нибудь другой». В силу этого обычно возникает необходимость извлечь из данной гипотезы не одно, а целую систему следствий, которые в своей совокупности объясняют широкий круг явлений и могут предсказать новые эффекты, обнаруживаемые в эксперименте. Другими словами, из гипотезы должна быть извлечена совокупность положений (следствий), которая может рассматриваться как необходимое и достаточное условие ее достоверности.

Так, известный советский физик академик И. Е. Тамм указывал, что справедливость основных положений макроскопической электродинамики К. Максвелла (его теории электромагнитного поля) может быть обоснована согласием с опытом всей совокупности следствий, вытекающих из этой теории и охватывающих все закономерности макроскопического электромагнитного поля. Как известно, именно таким образом и была доказана достоверность теоретических построений Максвелла. Одним из важных звеньев в цепи, составившей это доказательство, явился знаменитый опыт Генриха Герца (1857—1894), который экспериментально установил, что колебательный разряд вызывает в пространстве волны, состоящие из колебаний электрического и магнитного полей, поляризованных перпендикулярно друг другу. Герц установил также преломление и интерференцию этих волн. Кроме того, справедливость теории Максвелла убедительно подтверждалась законами Кулона, Ампера, Фарадея.

Другим примером доказательства научной гипотезы, достигнутого описанным путем, является опытная апробация общей теории относительности (ОТО) А. Эйнштейна, также превратившейся в результате этого из гипотетического в достоверное знание.

Из этой теории вытекал ряд следствий, требовавших сопоставления с фактами. Первое из них состояло в том, что луч света от звезды, проходя мимо Солнца, должен отклоняться под влиянием его (Солнца) гравитационного поля, вследствие чего наблюдателю на Земле звезда пока-

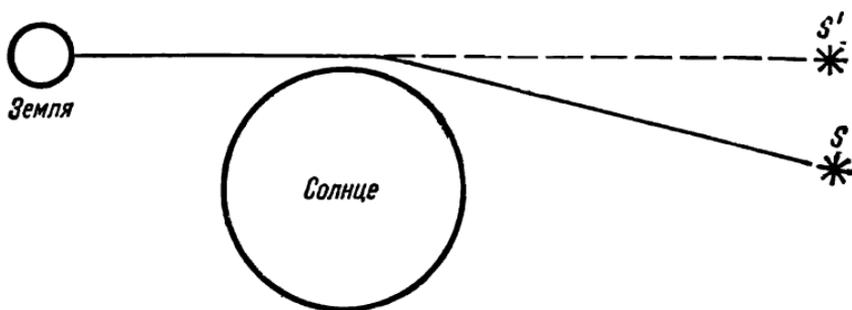


Рис. 2

жется смещенной относительно ее действительного положения (рис. 2).

Экспедиции, направленные в районы полного солнечного затмения (на остров Принсипи в Гвинейском заливе и в местечко Собрал в Бразилии) в 1919 г. для наблюдения за яркими звездами, полностью подтвердили это следствие из ОТО.

Другое следствие из той же теории состояло в том, что перигелий небесного тела (например, планеты), обращающегося по эллиптической орбите, должен смещаться в сторону движения этого тела на некоторый угол. Астрономам давно было известно такое смещение перигелия у Меркурия. Будучи необъясним с точки зрения ньютоновской теории тяготения, этот эффект вытекал в качестве следствия из ОТО.

Далее, из ОТО следовало, что свет, излучаемый каким-либо источником (например, атомом некоторого элемента) на Земле, будет отличаться по частоте от света, испускаемого тем же источником на Солнце, т. е. в условиях значительно более интенсивного в сравнении с земным гравитационного поля. Спектроскопические наблюдения подтвердили и этот эффект.

Так вся совокупность следствий, вытекавших из ОТО, оказалась подтвержденной наблюдениями. Это означало ее апробацию, ее превращение из гипотетической системы в изучившую теорию, в достоверное знание.

В заключение приведем еще один характерный пример. Выше уже говорилось, сколь неприемлемой и экстравагантной представлялась физикам, воспитанным на классических представлениях, гипотеза квантов, сформулированная М. Планком. Однако в данном случае следствия, вытекавшие

шие из этой гипотезы, и в частности столь важные, как объяснение явления фотоэффекта, которое было дано А. Эйнштейном (1905), объяснение эффекта Комптона (1922) и многие другие, принесли гипотезе Планка убедительные доказательства.

Итак, следовательно, верность гипотезы подтверждается ее соответствием наблюдению, опыту, практике. Однако практика в каждый период времени носит исторически ограниченный характер и потому является относительным, а не абсолютным критерием истинности гипотез. В. И. Ленин писал, что «...критерий практики никогда не может по самой сути дела подтвердить или опровергнуть *полностью* какого бы то ни было человеческого представления»¹.

В самом деле, возьмем, к примеру, классическую механику Ньютона. Как известно, на протяжении более двух столетий ни у кого из ученых не было ни малейшего сомнения в ее абсолютной истинности. Авторитет ньютоновой механики, казалось бы, был непоколебим. Практика подтверждала эту научную систему. А вот в дальнейшем выяснилось, что ее истинность является не абсолютной, а относительной, что ее применение ограничено небольшими (по сравнению со скоростью света) скоростями движения материальных объектов и лишь областью макроскопических тел. Теория относительности и квантовая механика оказались более общими, более полными и более глубокими теориями, содержащими в себе классическую механику как предельный частный случай. Это вытекает из важного методологического принципа, сформулированного Н. Бором в 1913 г. и получившего название принципа соответствия. Согласно этому принципу всякая более общая теория включает в себя старую теорию; старая теория получается из новой при предельном переходе к определенным значениям определяющих ее параметров. Так, законы квантовой механики переходят в законы классической физики при условии, что можно пренебречь значением кванта действия, а законы теории относительности переходят в законы классической механики при условии, что скорости движения тел или частиц малы по сравнению со скоростью света. Следовательно, новая теория не отменяет старую, а лишь

¹ Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм.— Полн. собр. соч., т. 18, с. 145—146.

уточняет границы, в которых эта старая теория продолжает действовать. Практика нашего времени, подтвердившая теорию относительности и квантовую механику и установившая ограниченный характер классической механики, оказалась более совершенной, хотя и ей, несомненно, присущи историческая ограниченность и неполнота.

Итак, критерий практики носит не абсолютный, а относительный характер. Он также в известной степени «неопределенен». Но В. И. Ленин следующим образом охарактеризовал критерий практики: «Этот критерий... настолько «неопределенен», чтобы не позволять знаниям человека превратиться в «абсолют», и в то же время настолько определен, чтобы вести беспощадную борьбу со всеми разновидностями... агностицизма»¹. Ибо это единственный радикальный критерий, с которым должны быть согласованы наши суждения о действительности и все ее оценки.

Другими словами, подтверждение гипотезы практикой не должно рассматриваться как нечто абсолютное и окончательно завершенное. Практическая деятельность людей, и в частности научный эксперимент, постоянно доставляет новые факты, вследствие чего найденный научный закон (теория) должны подтверждаться заново, что ведет к возникновению новых научных гипотез, модификации прежних представлений, уточнению (соответственно сужению или расширению круга действия) существующих научных законов (теорий) и т. д. Следовательно, новые знания, ведущие к расширению (обобщению) и усовершенствованию научного закона (теории), приобретаются благодаря практике.

ГИПОТЕЗА И МОДЕЛЬ

Нередко проверка гипотезы связана с серьезными трудностями. Эти трудности могут быть обусловлены разными причинами: удаленностью объектов или явлений в пространстве (космические тела) или во времени (события и процессы, относящиеся к неповторимому прошлому или далекому будущему); невозможностью проведения эксперимента вследствие физических свойств объекта (например, физические процессы внутри звезд); необходимостью

¹ Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм.— Полн. собр. соч., т. 18, с. 146.

больших материальных затрат и т. п. В таких случаях прибегают к весьма эффективному методу моделирования.

В современной науке под моделью понимается обычно любой заместитель изучаемого объекта, который воспроизводит свойства и закономерности последнего. Модели могут быть материальные или мысленные. «Понятие модели,— пишет известный французский физик Л. Бриллюэн в книге «Научная неопределенность и информация»,— охватывает широкое многообразие форм. Это может быть либо какой-то механизм, либо та или иная электрическая модель, либо же система уравнений (уравнения Максвелла для электромагнитного поля) — короче говоря, любое представление, позволяющее нам вести рассуждение». Основной смысл моделирования состоит в том, чтобы по результатам опытов над моделью получить ответ о закономерностях поведения реального (моделируемого) явления или объекта. Наиболее распространены и наиболее часто применяются в науке и технике четыре типа моделей.

Первый тип — это *материальные модели*. Материальными моделями служат предметы, выступающие в качестве заместителя объекта, непосредственное изучение которого в силу каких-то причин является затруднительным или даже невозможным. На материальных моделях мостов, кораблей, самолетов, электростанций и других сооружений осуществляется проверка прочности, пригодности конструкции, прежде чем приступить к постройке соответствующего объекта. Модели по своим размерам гораздо меньше моделируемых сооружений и нередко изготавливаются из других материалов.

Иногда роль материальных моделей выполняют объекты иной физической природы, нежели прототип. Например, моделью более или менее сложной механической системы может служить соответствующим образом подобранная электрическая цепь. Отношение между моделью и объектом выступает в этом случае как структурная или функциональная аналогия, вследствие чего их поведение может быть описано одними и теми же математическими уравнениями.

Прежде чем перенести закономерности поведения моделей на объект (прототип), в них вносят соответствующие уточнения и поправки, выполняют пересчет результатов измерений. Ибо, хотя между моделью и прототипом существует отношение подобия (или аналогии), они, однако, не

тождественны друг другу и это всегда приходится иметь в виду.

Специальная область знания — теория подобия — дает основные теоретические принципы для внесения соответствующих поправок в результаты, полученные при модельном эксперименте.

От материальных моделей существенно отличаются так называемые воображаемые или *идеальные модели*. Это второй тип моделей. Изучая какое-либо сложное явление, недоступное непосредственному восприятию, часто бывает необходимо прибегнуть к мысленному построению некоторых объектов в чувственно наглядной форме. В такой модели сохраняют лишь наиболее существенные черты изучаемого реального явления.

Идеальные модели, в зависимости от различий в характере сходства с прототипом, могут быть разделены на *образные (иконические)* и *знаковые (символические)*. Примерами иконических моделей являются многочисленные модели механического эфира, долгое время фигурировавшие в физике, модели газа в виде воображаемых шариков, планетарная модель атома, структурные и пространственные модели молекул и т. д. Примерами же знаковых моделей могут служить структурные химические формулы, в которых виды атомов, входящих в молекулу, их количество и порядок связи между ними изображаются с помощью специальных знаков — букв латинского алфавита (атомы) и черточек (химические связи). Иногда идеальные модели носят смешанный характер, сочетая в себе оба охарактеризованные выше вида.

Примером образной идеальной модели может служить уподобление электрического тока потоку жидкости. Так же, как объем, протекающий за единицу времени жидкости, зависит от скорости течения, которая определяется наклоном русла, т. е. разностью высот на данном участке, сила тока в электрической цепи определяется разностью электрических потенциалов на концах проводника. Точнее, скорость движения жидкости зависит от уклона, т. е. перепада высоты, приходящегося на единицу длины русла, а сила тока в случае однородного проводника зависит от напряженности электрического поля в нем, т. е. от разности потенциалов, приходящейся на единицу длины проводника.

Подобной образной идеальной моделью пользовался Максвелл при создании теории электромагнетизма. Макс-

велл уподоблял электрический ток течению особой несжимаемой, лишенной энергии жидкости, текущей по проводнику. При этом потенциал уподоблялся давлению, которое существует в жидкости, а сила тока — количеству жидкости, проходящему через поперечное сечение трубки за единицу времени. «Электрическая жидкость» Максвелла обладала рядом фиктивных, не воспроизводимых в эксперименте свойств. Ее частицы не взаимодействовали между собой (в отличие от молекул какой-либо реальной жидкости). Она была абсолютно несжимаемой, могла возникать в одних местах, называемых источниками, и исчезать в других, называемых стоками.

Воображаемый поток такой «жидкости» в работах Максвелла служил моделью электрического тока. Это позволяло применить в электродинамике ряд уравнений и методов гидродинамики, достаточно хорошо к тому времени разработанных.

Но теория, построенная Максвеллом на основе этой модели, могла носить лишь приближенный характер. Модель Максвелла не охватывала, да и, как всякая модель, не могла охватывать всей специфики электромагнитных процессов, ибо вообще законы электромагнитных явлений не могут быть сведены к законам механических явлений и, следовательно, не могут быть полностью описаны уравнениями гидродинамики. Поэтому в своих рассуждениях по аналогии Максвелл прибегал к допущениям, значительно усложняющим первоначальную модель, а также к использованию абстрактных символов, для которых он так и не смог найти подходящей механической аналогии. Тем не менее гениальная интуиция Максвелла привела его в конечном счете к блестящему успеху: созданию знаменитых уравнений электромагнитного поля, отражающих закономерности электрических и магнитных процессов и представляющих собой один из шедевров глубины, простоты и поразительного математического изящества. Такой же воображаемый (идеальный) характер носят и модели атома, атомного ядра и др.

Построение воображаемых, как и материальных, моделей является одним из важнейших способов открытия и формулирования научных законов. Этот способ моделирования нередко используется также для того, чтобы построить математическое описание запланированного эксперимента или наблюдения, спроектировав, таким образом,

ожидаемые результаты. Воображаемое моделирование в этом случае носит название мысленного эксперимента. Таким экспериментом, как мы уже рассказывали, воспользовался Галилей (открытие закона инерции). Нередко прибегали к нему также и творцы современной квантовой физики — Бор, Гейзенберг, Шредингер и др.

К третьему типу моделей относятся *математические модели*. Математические модели (иногда их называют также формальными, логическими или логико-математическими) — это формулы или уравнения, выражающие закономерности поведения и строения объектов. Термин «модель» в данном случае вполне правомерен, ибо эти формулы или уравнения адекватны действительности, которую они выражают на языке математики. В этом смысле можно сказать, например, что формула $F=ma$, выражающая второй закон Ньютона, — это математическая модель соответствующего объективного закона (существенной связи между силой, массой и ускорением). То же можно сказать о формулах эмпирических законов Ома, Кулона, Кирхгофа, Фарадея, а также об уравнениях Максвелла, выражающих закономерности электромагнитных процессов и содержащих в себе в неявном виде названные эмпирические законы.

Важно отметить, что одни и те же математические уравнения могут быть использованы для изучения поведения объектов различной природы, что обусловлено, очевидно, аналогичностью законов разных форм движения материи. Именно на этом, в частности, и основано широко применяемое в научных и технических целях электрическое моделирование, в особенности механических систем и процессов. Средством модельного эксперимента в этом случае

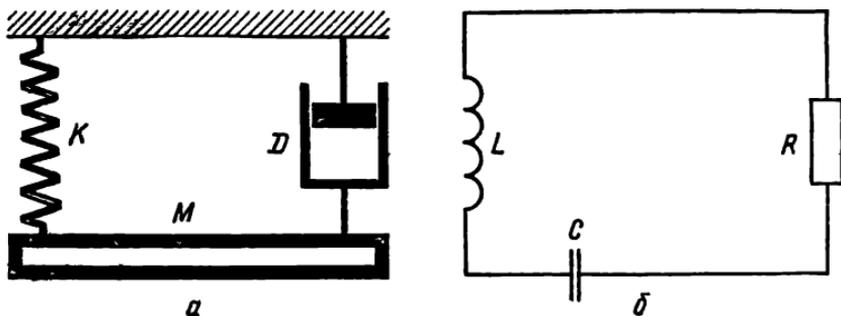


Рис. 3

является электрическая модель механической системы, структура которой аналогична структуре механической системы.

Первую систему такого типа предложил Максвелл. Заряд в ней соответствует перемещению, сила тока — скорости, напряжение — механической силе (рис. 3). Таким элементам механической системы (см. рис. 3, а), как пружина K (упругий элемент), груз массой M (накопитель энергии), демпфер D (рассеиватель энергии), соответствуют в электрической модели (см. рис. 3, б) катушка индуктивностью L , конденсатор емкостью C и резистор сопротивлением R .

Объективной основой методов электрического моделирования механических процессов является тождественность математической формы выражения соответствующих законов механики и электромагнетизма.

Особенно широко методом математического моделирования пользуются в современной физике. При этом характерно, что математический аппарат (математическая модель), который оказывается необходимым для построения той или иной физической теории, нередко возникает задолго до появления этой теории. Так, математический аппарат, который использует квантовая механика, был разработан за несколько десятилетий до появления этого раздела современной физики. Так же обстояло с математическим аппаратом теории относительности и некоторых других физических теорий.

Таким образом, математические модели физических теорий нередко оказываются заготовленными математиками заранее, как бы впрок. И это обстоятельство имеет глубокий философский смысл. Оно означает, что человеческий интеллект, будучи продуктом развития общества, одновременно является производением природы и сам действует по ее законам, даже и создавая такие творения «чистого разума», как абстрактная математика. «Мы можем быть уверены,— писал известный американский астрофизик Дж. Джинс,— что матрицы и тензоры с их отвратительной сложностью и все головоломки, которые мы вынуждены измышлять, приходят к нам от внешнего мира».

Четвертый тип моделей — *теоретические модели*. Теоретические модели создаются в целях интерпретации абстрактных теорий математического естествознания (физики, астрономии и т. д.) и формальных знаковых логико-

математических систем (например, математической логики). Модель в этих случаях выступает как упрощенная ситуация того фрагмента изучаемой действительности, в которой выполняются принципы данной теории. Другими словами, модель является здесь промежуточным звеном между теорией и изучаемой реальностью. Она дает возможность перебросить мост от первой ко второй, позволяет наметить в основных чертах пути применения научной теории на практике и одновременно указывает способы ее экспериментальной проверки.

Возьмем в качестве примера такой теории систему аксиом евклидовой геометрии. Как известно, эта система представляет собой совокупность суждений относительно таких объектов, как точки, прямые и плоскости. Но в реальном мире таких объектов не существует. Поэтому геометрию нельзя рассматривать как теорию, непосредственно описывающую действительность. Теоремы евклидовой геометрии строго выполняются лишь в отношении упомянутых выше идеализированных объектов. Эти идеализированные объекты (точки, прямые, плоскости) и отношения между ними (принадлежность, порядок, конгруэнтность, параллельность) и представляют собой теоретическую или идеальную модель евклидовой геометрии (теоретической системы), в которой выполняются все ее аксиомы. Между этой моделью евклидовой геометрии и определенной частью трехмерного объективного мира имеется соответствие. Следовательно, соответствие существует не между самой системой евклидовой геометрии, а между ее идеализированной моделью и объективным миром. В этом как раз и состоит смысл высказанного утверждения, что модель выступает в качестве промежуточного звена между теорией (в данном случае системой аксиом и теорем евклидовой геометрии) и реальностью.

Рассматривая этот пример в своей книге «Эволюция физики», А. Эйнштейн и Л. Инфельд пишут: «Смысл этого в том, что все логически доказанные положения евклидовой геометрии могут быть также подтверждены действительным экспериментом. С помощью твердых тел или световых лучей мы можем построить объекты, соответствующие идеализированным объектам евклидовой геометрии. Ребро линейки или световой луч соответствует прямой. Сумма углов треугольника, построенного из тонких жердей, равна 180° . Отношения радиусов двух концентрических окруж-

ностей, построенных из тонкой упругой проволоки, равно отношению длины окружностей. Истолкованная таким образом евклидова геометрия становится главой физики, хотя и очень простой ее главой».

Таким образом, интерпретированные с помощью геометрической модели утверждения евклидовой геометрии становятся физически содержательными, т. е. утверждениями о пространственных свойствах определенной части реального физического мира. Именно благодаря этому геометрические системы (в том числе и неевклидовы) могут подвергаться экспериментальной и практической проверке путем соответствующих измерений.

Итак, можно с полным правом сказать, что метод моделирования является важным и эффективным способом проверки гипотетических положений науки. Однако, как уже подчеркивалось, единственным критерием, позволяющим судить об их истинности (или ложности) является практика, активная предметная человеческая деятельность.

Мы убедились, что открытие (построение) научного закона — это крайне сложный творческий процесс. Создание научного закона — такой же процесс, как создание художественного произведения. Ученый — такой же творец нового, как поэт, композитор, ваятель. Без воображения, фантазии, без настоящего дерзания не может быть творческих исканий, необходимых для построения как эмпирических, так и теоретических законов.

Эмпирические законы выводятся из наблюдений и экспериментов. Однако и здесь необходима предварительная идея, догадка, гипотеза, построение моделей. В наиболее простых случаях ученый при отыскании эмпирических законов прибегает к методу проб и ошибок (как это делал, например, Кеплер при поиске законов движения планет Солнечной системы).

При поиске законов теоретическим методом ученый тоже отправляется от фактов, ибо факты — это воздух ученого, как любил говорить И. П. Павлов. Далее идет догадка, гипотеза, предположение о том, каким может быть и каким должен быть этот закон. После этого начинается сложная работа по построению ряда теоретических абстракций — обобщений, идеализаций, теоретических конструкций. На основе этих абстракций строится формула научного закона. Вначале закон выступает как гипотетическое построение, которое лишь позднее, будучи апробировано

опытом, практикой, превращается в достоверное положение науки. Однако движение мысли на этом не прекращается. С усовершенствованием техники научного эксперимента и появлением новых фактических данных, научные законы дополняются и обобщаются.

О ПРОСТОТЕ И ИЗЯЩЕСТВЕ НАУЧНЫХ ЗАКОНОВ

Выше уже было сказано о большой информативной емкости научных понятий, об их экономизирующей функции. Отмечалось также, что еще большей информативной емкостью (и, следовательно, еще большей экономизирующей функцией) обладают законы науки и системы этих законов — научные теории. Научные понятия, законы и теории как бы сокращают множество фактов, с которыми пришлось бы оперировать, и, следовательно, делают наши рассуждения о них проще, экономнее, изящнее. В силу этого необходимым условием адекватности научного закона закону природы становится его простота. Вот почему проблеме простоты научных законов (теорий) ученые и философы в настоящее время уделяют большое внимание.

Принцип простоты имеет солидную историко-философскую и историко-научную традицию. Родоначальником его считают средневекового философа Вильяма Оккама (XIII в.), выдвинувшего следующий принцип: не множить сущностей без необходимости. Более просто это может быть выражено примерно таким образом: научная теория должна строиться на минимальном количестве исходных посылок — гипотез; не следует вводить каких бы то ни было новых посылок без крайней нужды.

Идея простоты развивалась в трудах Дж. Бруно (1548—1600), Р. Декарта (1596—1650), Б. Спинозы (1632—1677), Г. Лейбница (1646—1717), французских материалистов XVIII в., И. Канта (1724—1804), Г. Гегеля (1770—1831). Она проходит красной нитью через всю историю естествознания. Эта идея играла руководящую роль в исследованиях Галилея, Ньютона, Лапласа, Планка, Герца, Максвелла, Эйнштейна и многих других ученых. Как справедливо пишет современный американский физик Кеннет Форд в книге «Мир элементарных частиц», вера в простоту служила на протяжении всей истории наиболее действенным стимулом научного исследования.

Однако философы и естествоиспытатели XVII—XVIII вв. обосновывали необходимость научной простоты ссылкой на простоту самой природы, или, выражаясь философским языком, рассматривали требование простоты как онтологический¹ принцип. Так, Галилей говорил, что «природа не делает многим то, что может сделать несколькими». Ньютон видел основание правила простоты в том, что «природа сама проста и не роскошествует излишними причинами вещей». В таком же духе понимали простоту Декарт, Лейбниц, Максвелл и многие другие ученые и мыслители. В соответствии с таким пониманием наиболее простой и, следовательно, наиболее приемлемой, наиболее истинной считалась такая теоретическая система, которая использовала в своих построениях наименьшее количество исходных независимых допущений.

Такой подход долгое время казался оправданным. Именно этими соображениями руководствовался, например, Коперник. Он отверг систему Птолемея вовсе не потому, что она не соответствовала известным в то время фактам, а потому, что с накоплением новых данных эту систему приходилось все более усложнять, вследствие чего она потеряла прелесть простоты. Требованию простоты стремился удовлетворить Ньютон, формулируя закон тяготения как основу небесной механики. Исходя из того же принципа простоты природы, О. Френель предпочел волновую теорию света корпускулярной, как более простую. Одна из важнейших и фундаментальных теорий современной физики — специальная теория относительности (СТО) Эйнштейна была принята учеными в силу ее относительной простоты: в то время как, например, теория Стокса при объяснении отрицательного результата опыта Майкельсона приводила к многочисленным искусственным допущениям, СТО объясняла этот результат простым и естественным образом.

Подобных примеров из истории науки можно привести немало. Однако они все же не дают основания для оправдания точки зрения, согласно которой простота научных законов (теорий) обусловлена простотой природы, внешнего мира. Примерам, свидетельствующим о простоте природы, упорядоченности, закономерности, царящей в ней гармонии может быть противопоставлено такое же (если

¹ От греческого *ontos* — сущее, *logos* — учение.

не большее) количество фактов, говорящих о наличии у нее противоположных свойств: сложности, неупорядоченности, хаотичности и т. д. Следовательно, природа не только проста, но и сложна, не только экономна, но и расточительна. В процессах развития усложнение в одном отношении оказывается упрощением в другом. «Представление о том, что в законах природы выражена цель или стремление к экономии есть антропоморфная нелепость... — справедливо писал выдающийся современный физик М. Борн в своей книге «Физика в жизни моего поколения». — *Не природа следует экономии, а естествознание.*» Речь, следовательно, должна идти не о некоей всеобщей универсальной простоте природы, не о простоте действительности, которая, как уже говорилось, в одних аспектах представляется простой и «экономной», а в других — сложной и «расточительной», а о простоте выражения знания об этой сложной действительности, т. е. о такой простоте, которая имеет эвристическое¹ значение в процессе познания. Простым должно быть отражение законов природы в нашем сознании. Самой природе присущи не только простота, но и сложность. Простым или сложным может быть наше понимание тех процессов, которые в ней происходят. В самом деле, разве не являются поразительно простыми (и поразительно изящными, красивыми) закон тяготения Ньютона —

$$F = G \frac{M_1 M_2}{R^2},$$

соотношение Эйнштейна между массой и энергией —

$$E = mc^2,$$

соотношение Планка между энергией и частотой кванта —

$$E = h\nu$$

и многие другие законы науки. Не случайно Р. Фейнман утверждает, что «истину можно узнать по простоте и изяществу».

Итак, следовательно, развитие науки, отвергнув утверждения о простоте, как якобы всеобщем свойстве природы,

¹ *Эвристика* (от греческого *heurisko* — *нахожу*) — система логических приемов и методических правил теоретического исследования, научного поиска.

привело к новой постановке вопроса о простоте как принципе познания (эвристической простоте). Но это так называемая «сложная простота». Постараемся пояснить, что же следует понимать под этим парадоксальным сочетанием противоположных понятий.

Как известно, наше познание природы всегда начинается с фактов. Однако знание фактов не есть еще подлинное знание. Это его предварительная ступень. Как удачно замечает современный американский ученый Л. Купер в своей книге «Физика для всех», «простое собирание фактов без всякой системы напоминает беспорядочный библиографический кабинет, словарь случайных слов или тот скучный и бесполезный каталог, который иногда путают с наукой». «Наука ничего не могла бы сделать,— пишет Э. Роджерс,— если бы знание было просто клубком запутанных фактов или случайных наблюдений».

Действительно, древние наблюдатели неба накопили огромный эмпирический материал о движении планет, но не могли ни объяснить, ни предсказать их поведение, полагая, что планеты беспорядочно «блуждают» по небу. Когда Александр Македонский завоевал Вавилон (IV в. до н. э.), вавилонские жрецы-халдеи рассказали ему, что у них имеются результаты наблюдений за небесными светилами, которые производились на протяжении девятнадцати веков. За это время было отмечено несколько десятков затмений Луны и Солнца. Однако законов движения этих небесных тел они не знали. Подобно этому Тихо де Браге в течение 20 лет наблюдал за движением Марса; однако эти наблюдения так и остались бы грудой сырого материала если бы Кеплер не свел эти факты в свои три знаменитых закона. Впоследствии законы Кеплера были обобщены в более общий и более емкий закон, закон тяготения Ньютона, который, в свою очередь, получил еще более общее и более емкое выражение в теории тяготения Эйнштейна. «Мы могли бы,— пишет Э. Роджерс в своей книге «Физика для любознательных»,— составить... историю движения планет, описывая их положения день за днем за последние 100 лет (что и делал, например, Тихо де Браге на протяжении 20 лет.— Л. Д.); наше описание было бы верным, но настолько далеким от простоты, настолько бесхребетным, что мы должны были бы назвать его просто перечнем фактов, а не теорией».

Таким образом, наука не может ограничиться конста-

тацией фактов. Она ищет скрывающиеся за этими фактами существенные связи, законы, идя по пути их все большего углубления и обобщения. Закон науки вскрывает основу явлений, находит единство в многообразии; поэтому он дает возможность объяснить и предсказать поведение объектов.

И это понятно, ибо закон не сводится к простой стенографической записи огромной массы фактов. Он представляет собой обобщенную форму записи этих фактов. Например, закон преломления света включает в себя все возможные случаи преломления световых лучей. При этом закон не просто возводит единичные факты в ранг всеобщего. Если бы это было так, то он не давал бы никакого увеличения информации и мог бы быть заменен простым перечнем фактов. Ценность закона как раз в том и состоит, что он вскрывает всеобщее, т. е. вскрывает основную «линию поведения» объекта в определенных условиях. Это дает возможность по заданному исходному состоянию, на основании формулы закона найти состояние объекта в любой момент времени. Конкретная информация об этих состояниях оказывается как бы избыточной и не содержится в законе непосредственно. Однако она в то же время и присутствует в нем, поскольку ее можно получить из формулы закона, зная начальные условия. Например, когда Кеплер на основании двадцатилетних наблюдений Браге открыл закон эллиптичности орбит, все многочисленные сведения, накопленные Браге, оказались «уплотненными» в первом законе Кеплера и могли быть легко получены для любого момента времени по формуле закона и начальным условиям. Эти сведения, таким образом, стали теперь излишними, избыточными.

Следовательно, закон вскрывает всеобщее в явлениях действительности, но это всеобщее содержит все единичные случаи. Именно поэтому законы науки выполняют экономизирующую функцию. Они делают знания более емкими, содержащими в себе большой запас информации. То, что на описательной фазе научного творчества выражается в необозримом для человеческого ума море фактов, перечень которых, в сущности, неисчерпаем, в законе фиксируется на небольшом клочке бумаги. В этом смысле закон (независимо от того, в какую-бы сложную математическую форму он ни был облечен) проще того необъятного исходного эмпирического материала, который он заме-

няет и как бы концентрирует в себе. Причем развитие науки идет по линии установления все более общих и, следовательно, информативно более емких законов, включающих в себя менее общие законы. Например, теория тяготения Эйнштейна является более общей, чем закон всемирного тяготения Ньютона.

Более общие законы, являясь информативно более емкими, оказываются также и более простыми законами. Прав был поэтому А. Пуанкаре, когда он в своей книге «Наука и метод» писал, что «всякий закон будет тем более ценным, чем более он будет общим».

К этому можно добавить также, что, чем более содержательным и более общим является тот или иной научный закон, тем более краткой будет знаковая форма, в которой он может быть выражен, тем более он прост. Богатое научное содержание требует минимума знаковых средств для своего выражения. Например, то, что потребовало бы для своей записи несметное количество фолиантов, было поглощено удивительно простыми и изящными уравнениями Максвелла.

Очень удачно эту мысль выразил писатель В. Кожевников в романе «Щит и меч»: «Чем ценнее, значительнее содержание сообщения, тем легче оно укладывается в минимум слов». И далее писатель справедливо замечает, что путь к научному открытию, — это «безустанный, многолетний труд, подвиг, завершающийся краткой формулой».

Однако законы науки, как уже говорилось, выступают в качестве элементов научных теорий и поэтому могут функционировать лишь в составе научной теории. Научная теория отражает более широкую сферу объективных связей, нежели отдельный научный закон, и, естественно, является информативно более емкой. Развитие науки происходит так, что от формирования законов она переходит к построению теоретических систем и от систем меньшей степени общности к системам все большей степени общности. Каждая более общая теория при этом в согласии с принципом соответствия как бы поглощает менее общую теорию и выступает в сравнении с ней как информативно более емкая и, следовательно, более глубокая и совершенная. Так, благодаря возникновению теории Максвелла, оптика стала разделом электродинамики, теория относительности Эйнштейна и квантовая механика включили в себя классическую механику и т. д. Следовательно, по мере

развития науки, происходит непрерывный процесс обобщения научных теорий, процесс «укрупнения» их исходных посылок, что приводит к их большему внутреннему совершенству. Ибо научная теория тем более совершенна, чем большее число фактов она объясняет при минимуме исходных посылок.

Высказанные положения дают основание для выдвижения следующего объективного критерия простоты научной теории: более простой следует считать содержательно более общую теорию. Будучи более общей на данном этапе научного развития, такая теория дает возможность истолковать большее число эмпирических фактов и содержит при этом меньшее число исходных посылок по сравнению с любой частной теорией, с необходимостью вводящей всякого рода дополнительные допущения, значительно усложняющие ее практическое применение. Так, геоцентрическая система Птолемея при включении в нее ряда дополнительных положений могла бы объяснить движение планет ничуть не хуже системы Коперника. Однако преимущество, и следовательно простота последней, состоит в том, что для согласования с наблюдаемыми фактами она ограничилась меньшим (в сравнении с системой Птолемея) числом исходных допущений. Теория Коперника, таким образом, оказывается с этой точки зрения более простой (более совершенной и более изящной), а теория Птолемея — более сложной (находящейся в противоречии с принципом Оккама).

Сказанное, однако, не означает, что математический аппарат более «простой» теории является в то же время простым сам по себе. Это отнюдь не так.

Возьмем, к примеру, арифметическую задачу, которая решается путем очень трудоемких вычислений и запутанных рассуждений. Арифметический путь, который ведет к решению задачи, сложен. Но та же задача может быть решена алгебраическим способом, путем составления соответствующего уравнения, решение которого для человека, знакомого с алгеброй, не составляет большого труда. Аппарат алгебраической теории сложнее арифметического, однако решение задачи с помощью этого более сложного теоретического аппарата значительно проще. Простота здесь достигается через сложность. Это и есть «сложная простота».

Или другой пример. Общеизвестно, что таблицы логарифмов

рифмов значительно облегчают сложные математические вычисления. Те же вычисления потребовали бы колоссального труда, если бы производились на основе выполнения арифметических действий. Но теория логарифмов, конечно, сложнее арифметики. И здесь простота достигается через сложность. Это сложная простота. Более общая теория, обладающая минимумом знаковых средств (и, следовательно, информативно более емкая), дает возможность решать с помощью своего более сложного аппарата большее количество задач и объяснить большее количество фактов, причем решать более простым путем, нежели эти же задачи решает менее общая частная теория.

Разъясняя смысл, вкладываемый в понятие сложной простоты, Эйнштейн в книге «Физика и реальность» писал, что «теория производит тем большее впечатление, чем проще ее предпосылки (минимум исходных допущений.— Л. Д.), чем разнообразнее предметы, которые она связывает (большая общность теории.— Л. Д.) и чем шире область ее применения». Но широта предпосылок теории и той предметной области, которую она истолковывает, минимизация лежащих в ее основе постулатов отнюдь не означает, что эту теорию просто и легко применять. Парадоксальность «сложной простоты» в том как раз и состоит, что более простая (и более общая) теория обладает более сложным и более громоздким формальным аппаратом. Простое в одном отношении оказывается сложным в другом. «Чем проще и фундаментальнее становятся наши допущения,— пишет Эйнштейн в книге «Физика и реальность»,— тем сложнее математическое орудие нашего рассуждения, тем длиннее, тоньше и сложнее становится путь от теории к фактам. Современная физика проще, чем старая, но именно поэтому она кажется более трудной и запутанной». «Все очень сложно,— говорит Фейнман в книге «Характер физических законов».— Простота достигается через сложность». Эту мысль Фейнман удачно разъяснил на примере закона всемирного тяготения Ньютона: «Поразительнее всего, что закон тяготения прост. Его легко сформулировать так, чтобы не оставалось никаких лазеек для двусмысленности и для иного толкования... Он прост по форме. Я не говорю, что он действует просто: движение разных планет, их взаимные влияния могут быть очень запутанными, и определить, как движется каждая звезда в шаровом скоплении, не в наших силах. Он

действует сложно, но его коренная идея проста. Это родит все наши законы. Сами по себе они оказываются простыми, хотя в природе действуют сложным образом». К этому надо добавить, что более общий, более сложный и более абстрактный закон (или теория) всегда оказывается информационно более емким, нежели закон (теория) более простой и частный, так как емкости знания тем больше, чем в меньшем количестве знаковых средств удается его выразить.

Заметим также, что всякая более общая теория, удовлетворяющая критерию «сложной простоты», является в то же время и более изящной, удовлетворяющей эстетическому чувству ученого, которое играет отнюдь не последнюю роль в научных изысканиях. В этом смысле теория Коперника красивее теории Птолемея, теория относительности Эйнштейна красивее теории Ньютона и т. д. Не говоря уже о красоте и изяществе уравнений Максвелла, по поводу которых Г. Герц в работе «Об отношении между светом и электричеством» в порыве восторга написал такую вдохновенную фразу: «Изучая эту чудесную теорию, нельзя не почувствовать, что ее математическим формулам присуща самостоятельная жизнь и собственное сознание, что они умнее нас, умнее даже своего создателя, что они дают нам больше, чем в них было заложено вначале».

Не случайно в современной литературе много говорится о том, что в числе побудительных мотивов, движущих учеными в их творчестве, значительную роль играет стремление к красоте и изяществу. Не оставляет сомнения, что, например, для Птолемея, Коперника, Кеплера, Эйнштейна красота и гармония служили не только эвристическими средствами познания, но и сильнейшими источниками творческого вдохновения, не в меньшей степени, чем для поэтов и ваятелей.

Из сказанного выше следует, что если на объяснение тех или иных материальных явлений или процессов претендует несколько гипотез, следует выбирать из них более простую. Она, несомненно, окажется ближе к истине. При этом, в соответствии с понятием «сложной простоты», под более «простой» следует понимать такую гипотезу, которая, опираясь на минимальное число исходных допущений, способна объяснить более широкий круг явлений и процессов, нежели какая-либо другая. Ибо «большая степень обобщения и большая простота,— как удачно заметил

У. Сойер в книге «Прелюдия к математике», — неотделимы друг от друга...»

Более общие теоретические системы, будучи в то же время наиболее простыми, позволяют не только объяснить огромную массу эмпирического материала, относящегося к определенной предметной области материального мира, но и выразить ее при этом предельно экопомно, компактно, сжато.

В этом смысле теория относительности, например, будучи более общей, является в то же время и более простой, нежели классическая механика, ибо дает возможность без всяких дополнительных допущений объяснить такие явления, которые классическая физика без таких допущений не объясняет.

Совершенно очевидно также, что потенциально более общая гипотеза является в то же время и информативно более емкой, несущей в малом объеме знаковых средств наибольшее количество информации.

В заключение коснемся вопроса о том, в какой связи находятся истинность теоретической системы (гипотезы) и ее простота. Являются ли наиболее простые гипотезы в то же время и наиболее достоверными. Другими словами, может ли простота («сложная простота») служить критерием истинности гипотезы, ее соответствия (адекватности) внешнему миру?

На этот вопрос нельзя дать однозначного ответа. Выбирая наиболее простую гипотезу, мы исходим из того, что она лучше объясняет определенный круг эмпирических данных. Не исключено, однако, и то обстоятельство, что наиболее простая из всех выдвинутых по данной проблеме гипотез окажется в то же время и неистинной. Поэтому выбор гипотезы на основе критерия простоты является проблематичным. Опираясь на этот критерий, можно сказать лишь, что при прочих равных условиях наиболее простая гипотеза является наиболее правдоподобной. Окончательным критерием истинности является лишь практика. Однако, пока критерий практики по той или иной причине не может ни подтвердить, ни опровергнуть справедливость конкурирующих гипотез, для сравнительной оценки их истинности можно пользоваться критерием «сложной простоты»: более «простая» система имеет большую вероятность быть ближе к истине, нежели более сложная.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ НАУЧНЫХ ЗАКОНОВ

Возможны различные подходы к классификации научных законов. Прежде всего, научные законы естественно рассмотреть с точки зрения степени их общности. По этому признаку их можно разделить на три группы: частные, общие и всеобщие.

Частные (специфические) научные законы — это такие, сфера действия которых узка и которые потому относятся к какой-либо одной из естественных (или социальных) наук — физике, химии, биологии и т. д. — или же к одному из разделов какой-либо науки (например, закон преломления света в геометрической оптике).

Группу общих законов составляют законы, сфера действия которых достаточно широка и которые потому являются предметом не одной, а ряда родственных наук. Таковы, в частности, закон сохранения и превращения энергии, периодический закон химических элементов и т. д.

К всеобщим относятся законы, которые выражают объективные связи, действующие во всех сферах бытия и познания. Они составляют предмет философской науки. Таковы, в частности, законы материалистической диалектики — взаимодействия противоположностей, перехода количественных изменений в качественные, отрицания отрицания и т. д.

Согласно другому подходу к типизации законов различают законы, выражающие связь явлений во времени (смена времен года, причинные связи и т. д.) и законы сосуществования явлений в пространстве, так называемые структурные законы, определяющие способ организации элементов в различных системах (законы кристаллографии, взаимосвязи ядра атома и его электронной оболочки, анатомические законы структур организма, периодический закон химических элементов и др.).

Далее, законы могут быть разделены на динамические, однозначно выражающие связь между данным и последующим состоянием объекта или же связь между состояниями разных объектов, и статические законы, выражающие особенности взаимодействия множества (ансамбля) однородных объектов — звезд, макроскопических тел, молекул, атомов, элементарных частиц и т. д. при неизменных условиях. Статистическая закономерность выступает как определенная повторяемость, регулярность в поведении коллек-

тива однородных явлений. Особенность статистической закономерности состоит в том, что она имеет место лишь тогда, когда единичные явления, образующие данную совокупность, протекают независимо друг от друга и, следовательно, случайно по отношению к совокупности как целому.

В противоположность рассмотренным выше трем подходам к классификации законов в соответствии с характером объектов и условий их существования, который можно назвать онтологическим, возможен также и так называемый гносеологический подход, который состоит в различении уровня познания закона, глубины раскрытия в соответствующем научном законе объективных связей природы. С этой точки зрения различают эмпирические и теоретические законы науки. Такое деление законов соответствует различению двух уровней в развитии науки — эмпирического и теоретического, что соответствует движению познания от явления к сущности и от менее глубокой сущности к сущности более глубокой. Эмпирические и теоретические законы могут быть как частными, так и общими, как динамическими, так и статистическими.

В заключение отметим, что все научные законы, к какому бы типу они ни принадлежали, можно по способу выражения в них объективных связей разделить на законы, формулируемые качественно, и законы, формулируемые количественно.

С помощью качественно формулируемых законов выражается основная тенденция процесса и общий характер связи между явлениями или их сторонами. Эти законы формулируются с помощью средств естественного языка и обычно не поддаются математической формализации, так как не содержат количественно измеримых величин. Таковы, в частности, закон естественного отбора в биологии, философские законы и др.

Количественно формулируемые законы отражают количественные связи между величинами и поэтому поддаются математической формализации. Таковы, в частности, законы механики, большая часть законов физики, астрономии, законы кибернетики, некоторые законы химии, биологии, социальных наук и др. Количественно формулируемые законы часто выражаются с помощью функциональной зависимости, в которой изменению одной величины

(аргумента) соответствует изменение другой (функции), поведение которой первая определяет.

Объективной основой для такого деления законов на формулируемые качественно и количественно является самостоятельная самостоятельность качественных и количественных характеристик объектов. Однако эти характеристики, разумеется, нельзя противопоставлять друг другу. Качественная формулировка законов предполагает в определенной мере применение также и количественных методов исследования, без чего невозможно открытие качественно формулируемых законов. И наоборот, количественные законы могут глубоко отражать качественные особенности явлений, причем в конкретной и расчлененной форме. Переход от качественной к количественной формулировке частных и общих законов науки, выражение их с помощью математических уравнений и формул свидетельствует о прогрессе познания, о развитии науки.

СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ НАУЧНЫЕ ЗАКОНЫ

Исторически первыми возникли динамические законы, классическими образцами которых являются законы ньютоновской механики. Речь идет о таких законах, которые позволяют на основе знания значений величин, характеризующих состояние объекта, в начальный момент времени или в некоторой исходной точке пространства, а также знания внешних условий, в которых находится объект, определить значения этих величин в любой другой момент времени или в любой другой точке пространства.

Динамические законы действуют в относительно простых системах, состояние которых определяется в своей основе внутренними связями системы и лишь в небольшой степени внешними воздействиями на нее. Примерами таких систем могут служить, например, различные механизмы и машины, кибернетические устройства с заранее заданной программой, наша планетная система и др. Классическое выражение динамические законы получили не только в ньютоновской механике, но и в электромагнитной теории Максвелла.

Длительное время в науке рассматривались только динамические законы. Однако с возникновением кинетической теории газов, эволюционной теории Дарвина, а позд-

нее с появлением квантовой механики в научный обиход вошел новый тип законов, принципиально отличных от динамических, — статистические законы. Оказалось, что в природе существует такой класс явлений, поведение которых не может быть рассчитано на основе динамических законов.

В отличие от динамических законов, описывающих поведение индивидуальных объектов, статистические закономерности относятся к совокупности, множеству объектов и описывают поведение этого множества (совокупности) как целого. При этом поведение отдельных элементов совокупности, по отношению к совокупности как целому определяется статистическим законом только с определенной вероятностью.

Закономерности этого типа имеют весьма широкий спектр действия. Они проявляются в молекулярно-кинетических процессах, в явлениях радиоактивного распада, в системах массового обслуживания (связь, транспорт, торговля и пр.), при рассеянии электронов, проходящих сквозь дифракционную решетку или через кристалл, и т. д.

Как видно из этого перечисления, статистические закономерности действуют в сложных системах, состоящих из большого числа элементов, характер поведения которых определяется как внутренними, так и внешними условиями.

Статистическая закономерность выступает как определенная повторяемость, регулярность в поведении ансамбля однородных явлений. Причем она имеет место лишь в том случае, когда единичные явления, образующие совокупность, протекают независимо друг от друга и, следовательно, случайно по отношению к совокупности как целому. Например, в случае радиоактивного распада каждое атомное ядро распадается независимо от других. Рождение ребенка определенного пола именно в данной семье — случайное явление, однако в масштабах крупного города отношение числа родившихся мальчиков к числу девочек выражается одним и тем же постоянным отношением (51 : 49).

Одним из наиболее типичных (и в то же время одним из первых, с которыми столкнулись ученые-физики) статистических законов был выведенный Максвеллом закон распределения молекул газа по скоростям при данной темпе-

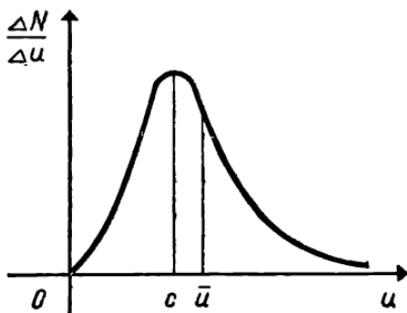


Рис. 4

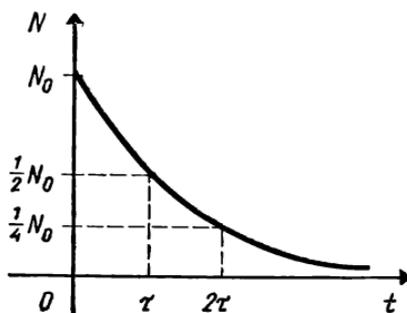


Рис. 5

ратуре. Этот закон дает возможность вычислить, какая доля из общего числа молекул данного газа приходится при определенной температуре на каждый данный интервал скоростей (рис. 4).

Как видно из чертежа, максимум этой кривой соответствует наиболее вероятной при данной температуре скорости c молекул. Молекулы газа могут обладать всевозможными скоростями (от 0 до ∞), но любая скорость менее вероятна, чем скорость c , т. е. они встречаются реже (у меньшего числа молекул).

При $u=0$ кривая проходит через начало координат. Это означает, что покоящихся молекул в газе нет. При возрастании u кривая поднимается, достигая максимума при наиболее вероятной скорости молекул c , а затем асимптотически приближается к оси абсцисс; это значит, что молекулы с очень большими скоростями встречаются тем реже, чем больше скорость. Вероятность того, что молекула движется со скоростью $u=\infty$, равна нулю.

Другим примером типично статистического закона может служить закон радиоактивного распада, который выражается формулой

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{\tau}},$$

где N_0 — начальное число нестабильных частиц. Кривая радиоактивного распада показана на рисунке 5.

Из графика видно, что к концу промежутка времени, равного периоду полураспада τ , остается $1/2$ от начального числа N_0 частиц, к концу промежутка времени, равного 2τ нераспавшихся частиц остается $\frac{N_0}{4}$ и т. д. Рассмотренный

закон радиоактивного распада не дает возможности установить, когда и какой именно атом распадется; можно лишь определить, какое число атомов распадется за данное время t . Таким образом, если мысленно перенумеровать все атомы, то назвать номер атома, который распадется в следующее мгновение, не представляется возможным. Для конкретного же атома может быть указана только вероятность его распада в тот или иной момент времени.

Статистические законы можно разделить на три типа.

С первым из этих типов столкнулись основатели статистической физики — Максвелл, Гиббс, Больцман и др. Эти законы характеризуют совокупность объектов (множество, ансамбль) и не могут быть применены к отдельным элементам. Таковы, например, законы термодинамики. Такие параметры идеального газа, как температура T , давление p , объем V , входящие в известное уравнение состояния идеального газа: $pV = RT$, заданы для всего статистического ансамбля молекул и теряют всякий смысл применительно к отдельным молекулам. То же можно сказать и относительно таких понятий термодинамики, как «среднее число ударов», «средняя длина свободного пробега» и др.

Второй тип статистических законов отличается тем, что отражаемое ими поведение изучаемой совокупности объектов определяется некоторыми средними показателями, характеризующими отдельные объекты. При этом свойства объектов, составляющих совокупность, формируются под влиянием разнообразных факторов, спектр которых достаточно широк. К данному типу законов принадлежат закономерности средней продолжительности жизни при данных естественных и социальных условиях, среднее распределение жителей по полу, распределение признаков наследственности по Менделю, закономерности поведения скопления звезд, законы общественного развития и т. д. Характеристики, касающиеся отдельных индивидуумов (например, продолжительность жизни) при этом обусловлены таким множеством факторов, что практически не могут быть описаны (или же могут быть описаны в чрезвычайно грубой, приближенной форме). Поэтому для отдельного объекта возможны лишь вероятностные прогнозы (например, вероятность появления того или иного индивидуального признака у организма).

Третий тип статистических законов составляют такие, которые однозначно присущи только совокупности элемен-

тов и могут быть сформулированы для отдельных элементов совокупности лишь с некоторой вероятностью. С такими законами наука имеет дело в квантовой физике. Особенность законов квантовой теории состоит в том, что ни один ее объект не является полностью индивидуализированным, независимым от остального мира, в противоположность тому, как это было в описанных выше первых двух случаях, где такая индивидуализация имеет место. Как пишет немецкий физик В. Гейзенберг в работе «Физика и философия», «система, которую следует рассматривать согласно методам квантовой механики, на самом деле является частью значительно большей системы, в конечном счете — всего мира». Если, например, «мы хотим знать причину, почему частицы излучаются именно в этот момент,— замечает он далее,— то, по-видимому, должны для этого знать микроскопическое состояние всего мира, к которому мы и сами принадлежим, а это, очевидно, невозможно». Частица в квантовом ансамбле, рассматриваемая как свободная, в действительности свободна от воздействия только динамического характера. Она находится под действием случайных сил, вызывающих квантовые флуктуации ее поведения, отражаемого известным соотношением неопределенностей Гейзенберга.

Как же связаны друг с другом эти два типа закономерностей (динамические и статистические), каково их соотношение?

Этот вопрос, по-разному решавшийся на разных этапах развития науки, не перестает волновать ученых и философов со времени появления в физике статистических законов и по настоящее время. Можно даже сказать, не боясь впасть в ошибку, что это одна из наиболее важных философских проблем современного естествознания.

Вначале, когда ученые только столкнулись с существованием статистических законов и первые работы по статистической физике только начали еще появляться, они видели свою задачу в том, чтобы свести законы классической статистической физики к динамическим законам ньютоновской механики. При этом динамические законы рассматривались как основные, первичные, а статистические — как производные от динамических, вторичные. Введение статистических закономерностей в науку рассматривалось как временное, преходящее обстоятельство, как следствие отсутствия полной информации об

отдельных элементах системы. Полагали, что лишь невозможность проследить за изменением всех степеней свободы сложных систем вынуждает нас прибегать к некоторому осредненному, статистическому описанию.

На протяжении не менее пятидесяти лет среди физиков господствовало признание примата за динамическими законами. Это представление, впрочем, вполне естественно, поскольку статистическая механика вначале формулировалась как механическая теория, т. е. как теория, которая должна была трактовать те же явления, что и термодинамика, которая являлась теорией сугубо динамической.

И хотя статистические законы приобретали все большее значение, поскольку стали охватывать и учение об электромагнетизме, и механику сплошных сред, на них продолжали смотреть как на некую надставку над фундаментальными законами классической механики (позднее — и классической электродинамики Максвелла — Лоренца).

Однако дальнейшее развитие физики (в особенности возникновение и развитие квантовой теории) привело ученых к пересмотру сложившихся представлений о соотношении между статистическими и динамическими законами.

В настоящее время нельзя уже игнорировать того факта, что статистические закономерности получают все большее распространение как в физике, так и в других науках. Сейчас уже нельзя указать ни одного круга явлений, который описывался бы динамической теорией полнее, нежели статистической. Попытки сведения статистических законов к динамическим оказались несостоятельными.

Глава 5

КАК ЗАКОНЫ ОБЪЯСНЯЮТ ЯВЛЕНИЯ

Мы хотим не только знать, как устроена природа и как происходят природные явления, но и... узнать, почему природа является такой, а не другой.

А. Эйнштейн

Великая цель подчинения природы не может быть достигнута без понимания вселенной.

Н. А. Умов

Человек — творческое существо. Смысл его бытия в том, чтобы непрерывно творить новое. Но для этого он должен столь же непрестанно познавать мир, открывать все новые законы природы.

Всякое познание начинается с описания¹ явлений, с фиксации фактов² в том виде, в каком они даны в непосредственном наблюдении и опыте. Эти факты представляют собой строительный материал, из которого затем создается наука. Без фактов наука оказалась бы построенной на песке. Ибо, как справедливо считал Фрэнсис Бэкон, писать, говорить, размышлять и действовать без фактов — значит плавать без кормчего около опасных берегов, бросаться в неизмеримый океан без компаса и руля.

Однако, как уже говорилось, факты, взятые сами по себе, еще не составляют науки как системы знания. Они выполняют свою функцию лишь тогда, когда включены в ткань научного знания, когда они вставляются в рамки научных теорий, которые их объясняют. «Ученый, — пишет А. Пуанкаре в книге «Наука и гипотеза», — должен организовать факты. Наука создается из фактов, как дом из

¹ Под описанием явлений понимают их фиксацию с помощью выработанной в данной области системы обозначений.

² Здесь речь идет о научных фактах, являющихся отображением явлений или событий внешнего мира в нашем сознании. Следовательно, научный факт — это субъективный образ объективного факта, выраженный в терминах конкретного научного языка.

кирпичей. Но накопление фактов не в большей мере является наукой, чем куча кирпичей домом».

Следовательно, описание — это хотя и важный этап в развитии науки, но это отнюдь не ее самоцель. Описание дает ответ на вопросы: «Что? Где? Когда?», в то время как основная задача научного знания состоит в том, чтобы дать ответ на вопрос «Почему?». Другими словами, наука не может остановиться на эмпирической фазе своего развития, не переставая быть наукой. Она должна объяснять факты, т. е. раскрывать их сущность, отвечать на вопрос, почему они такие, а не иные.

Сущность же факта проявляется в совокупности его существенных связей с другими фактами. Такие связи находят свое выражение в научных законах. Поэтому объяснить явление — значит показать, что оно следует («подчиняется») определенным научным законам. Следовательно, основным орудием научного объяснения является научный закон. Ибо закон выражает (частично или полностью) сущность объекта. В силу этого познание сущности становится возможным путем установления тех законов, которым «подчиняется» объясняемое явление (или объект). Объяснить что-либо — значит показать, что оно вытекает из действия определенных законов. «Найти законы явлений,— справедливо указывал Гельмгольц,— значит их понять».

Объектами объяснения могут быть как научные факты, так и научные законы. Объяснение последних дается на основе законов более общего типа.

Так, Ньютон объяснил движение планет Солнечной системы, падение тел на землю, явление морских приливов и некоторые другие факты, выведя их из своего закона всемирного тяготения; Гюйгенс сделал понятными явления интерференции и дифракции благодаря созданной им волновой теории света и т. д.

В развитии каждой области знания имел место такой первоначальный этап, когда она вынуждена была довольствоваться вымышленными (иногда полуфантастическими) представлениями и догадками о существовании тех или иных явлений и процессов. Так обстояло дело, например, в первобытном и рабовладельческом обществе, когда люди довольствовались мифологическими или религиозными истолкованиями природы. Однако с открытием подлинных законов эти домыслы отбрасывались и заменялись естест-

венными объяснениями, соответствующими природе явлений и объектов.

Так, процесс превращения химии в науку знаменуется открытием закона сохранения массы вещества в химических реакциях, благодаря которому была отброшена ложная теория флогистона. Биология становится наукой с возникновением эволюционной теории развития организмов. Учение о теплоте приобретает научный характер с открытием закона сохранения и превращения энергии. Превращение философии в подлинную науку совершается с возникновением диалектического материализма.

Итак, подчеркнем еще раз: чтобы ответить на вопрос «Почему?», чтобы объяснить факты, необходимо обратиться к соответствующему научному закону, т. е. показать, что данный научный факт является проявлением определенного объективного закона. При этом, чем шире данный закон, тем шире круг явлений (частных законов), которые могут быть объяснены с его помощью.

Так, закон свободного падения тел, открытый Галилеем, давал объяснение лишь явлению падения тел под влиянием силы тяжести. Закон же всемирного тяготения Ньютона дал возможность объяснить не только свободное падение, но и движение планет, Луны, комет, явления приливного трения и отлива, процессионное движение Земли.

Однако законы частных естественных наук, сколь широки бы они ни были, всегда относятся к определенной области (фрагменту) окружающего нас мира. Наиболее общие законы действительности формулируются философской наукой, диалектическим материализмом. Эти законы в силу своей предельной широты и всеобщности дают возможность правильно истолковывать природу в целом и потому составляют основу научного материалистического мировоззрения и методологическую¹ основу естественных наук.

¹ *Методология* — учение о методе научного познания, всеобщий (для всех наук) метод познания природы (и общества). Таким всеобщим методом является диалектический материализм как наука о наиболее общих законах материального мира и человеческого мышления. Этот метод не подменяет методы, применяемые другими науками, а является их общей философской основой и выступает в качестве орудия познания во всех областях действительности.

Поскольку всякая научная теория представляет собой определенную совокупность, систему законов, постольку, следовательно, ей также присущи объяснительные функции, как и отдельному научному закону. Причем эти функции теория осуществляет на основе и через посредство научных законов, входящих в ее состав. Примером может служить, в частности, теория тяготения Ньютона. Объясняет такие явления, как приливы и отливы, движение планет по эллипсам, эта теория опирается на закон всемирного тяготения.

Таким образом, объяснение с помощью теории опирается на использование законов, но, разумеется, теория обеспечивает более полное объяснение, чем отдельный закон.

Отдельный же закон (например, закон Архимеда, закон Ома или закон Кирхгофа), эмпирический или теоретический, выполняет объяснительные функции лишь в пределах отображаемой им существенной связи. Можно сказать, что теория обладает большей объяснительной мощностью, нежели отдельный закон.

Чем шире область объективных существенных связей, отображаемая определенным законом науки или теорией, тем более основательными, глубокими и полновесными являются объяснения, получаемые на их основе. Например, теория относительности обладает большей объяснительной мощностью, нежели классическая механика; электродинамика Максвелла — большей, нежели совокупность эмпирических законов Кулона, Фарадея, Кирхгофа, Ампера и других, существовавших до создания этой теории.

Следует подчеркнуть также, что, хотя объясняющая способность присуща в принципе всякому закону, объяснительная мощь эмпирического закона всегда ниже объяснительной мощи теоретического закона. В то время как с помощью эмпирических законов можно объяснять лишь наблюдаемые факты (например, на вопрос, почему при заданной температуре газ имеет такой-то объем, мы ссылаемся на закон Бойля — Мариотта), с помощью теоретических законов может быть дано также и объяснение самим эмпирическим законам. Например, на основе уравнений Максвелла могут быть объяснены закон Кулона, закон электромагнитной индукции Фарадея, закон Ампера и другие эмпирические законы электромагнетизма.

Эмпирический закон дает возможность осуществить

лишь первый шаг в научном объяснении. Говоря в этом смысле об эмпирическом законе как о плоде науки, современный американский философ М. Вартовский справедливо замечает, что это «плод еще зеленый». Указывая на повторяемость явлений, эмпирический закон не вскрывает их всеобщности и необходимости. Эмпирический закон и сам нуждается в объяснении и такое объяснение он рано или поздно получает на основе соответствующей теории.

Так, Менделеев открыл периодическую повторяемость свойств химических элементов, благодаря чему была построена единая система этих элементов. Однако это был эмпирический закон. Констатируя известный факт, он не объяснил причину периодической повторяемости химических свойств элементов. Сущность периодического закона была объяснена теоретическим законом Содди, согласно которому периодичность свойств химических элементов обусловлена изменением электрического заряда атомного ядра.

Закон падения тел, открытый Галилеем, кинематические законы движения планет, сформулированные Кеплером, и ряд других законов объясняли соответствующие опытные факты, но и сами они требовали объяснения. Такое объяснение и было дано Ньютоном, сформулировавшим фундаментальный теоретический закон — закон всемирного тяготения.

Вдумчивый читатель, однако, может сказать, какое же это объяснение, если закон Ньютона не объясняет, в чем причина тяготения, каков его внутренний механизм. С таким возражением нельзя не согласиться. Оно вполне уместно. На подобные возражения Ньютон отвечал: «Она (теория тяготения.— Л. Д.) говорит, как движутся тела, и этого достаточно, необоснованных же, умозрительных гипотез я сочинять не хочу».

Действительно, как уже говорилось, объяснить явление — это значит показать, что оно есть следствие определенного закона. И именно в этом смысле мы можем сказать, что закон Ньютона объяснил падение камня на землю, обращение Луны вокруг Земли, явления приливов и многое другое. Очень удачно смысл объяснения, даваемого законом Ньютона явлению гравитации, комментирует советский физик Л. Э. Гуревич в своей книге «Теория относительности». «Открытие Ньютоном закона всемирного тяготения, — пишет он, — есть одно из важнейших событий

в истории физики. Но можно ли сказать, что Ньютон объяснил, почему камень падает на землю. В обычном смысле слова — нет. Потому что утверждение: «Камень падает потому, что на него действует сила, заставляющая его падать» — имеет не больше содержания, чем утверждение: «Свет освещает потому, что он светит», т. е. не имеет никакого содержания. И Ньютон сделал не это утверждение, а совсем иное: та же самая сила, которая заставляет камень падать на землю, заставляет Луну обращаться вокруг Земли, Землю вокруг Солнца (а Солнце — прибавим мы теперь, через два с лишним столетия после Ньютона, — обращаться вокруг центра Галактики).

В каком же смысле эта сила «та же самая». Выражение «та же самая» означает, что она во всех случаях одинаково зависит от масс взаимодействующих тел и расстояния между ними, хотя ее общее выражение можно упрощать по-разному в разных случаях. Таким образом, падение камня на землю (закон, который был установлен Галилеем почти за 100 лет до Ньютона) было «объяснено» в том смысле, что оно оказалось частным случаем явления всемирного тяготения.

Несомненно, однако, что и закон тяготения Ньютона, как и всякий другой закон науки, фундаментальный лишь для данного времени и для данного уровня развития науки, в свою очередь, требует объяснения, которое он получает — рано или поздно — в более общих законах, появляющихся с развитием науки. Наука никогда не перестает спрашивать, почему законы являются такими, какие они есть. Она всегда ищет достаточное основание для законов и находит его в законах более высокого уровня. Однако она никогда не выходит за рамки научного объяснения, т. е. не ищет его в сверхъестественных силах, «первых началах», «конечных причинах» и т. п.

В самом деле, как известно, закон тяготения Ньютона — это отнюдь не последнее слово науки. В дальнейшем был сделан еще один важный шаг вперед в изучении гравитации. Эйнштейн сформулировал свою общую теорию относительности (ОТО), которая дала более глубокое истолкование явления тяготения и включила закон Ньютона в качестве своего частного случая.

Для нашего времени теория Эйнштейна является предельно общей и наиболее глубокой, подобно тому как в свое время такую же роль играл закон тяготения, откры-

тый Ньютоном. Объяснить гравитационные явления для нынешнего уровня развития науки — это значит вывести их из теории Эйнштейна (общей теории относительности). Но и эта теория тяготения отнюдь не предел познавательных возможностей человечества и, следовательно, не предел объяснения. Имеются все основания полагать, что со временем и она станет частным случаем более общей и более глубокой теоретической системы и, значит, сама сможет получить объяснение на основе этой более общей системы (теории).

Научное объяснение, таким образом, никогда не станет последним и «окончательным». Оно представляет собой бесконечный процесс, поскольку фундаментальные основы ныне существующей теории с дальнейшим прогрессом науки будут развернуты в более общую теоретическую систему, раскрывающую более глубокие связи объектов. С другой стороны, объяснить фундаментальные принципы какой-либо ныне существующей теории невозможно до тех пор, пока не будет создана теория более высокого уровня, частным случаем которой являлась бы данная система.

И это понятно. Прогресс познания бесконечен. Он будет продолжаться до тех пор, пока существует на земном шаре человечество, ибо бесконечен в своей сложности сам объект познания — окружающий нас материальный мир. Он идет от познания внешних к познанию внутренних связей явлений и объектов и от менее глубокой к более глубокой их сущности. Следовательно, познание никогда не может завершиться открытием неких «последних», «универсальных», «окончательных» законов, выводом некоей «единой мировой формулы» и т. д., ибо подобных законов и формул быть не может. Сущность природы неисчерпаема. Соответственно этому бесконечен и сам процесс ее постижения. Он всегда по необходимости остается незавершенным, т. е. открытым для дальнейших более совершенных, глубоких и полных исследований. Последнего и окончательного ответа на бесконечные «почему», выдвигаемых наукой, не существует.

Итак, мы убедились в том, что объяснить явление (закон) — это значит показать, что оно представляет собой проявление определенной закономерности, более общего (эмпирического или же теоретического) закона, что оно, так сказать, «включается» в систему определенных теоретических представлений. Другими словами, объяснение

представляет собой определенную логическую операцию, посредством которой рассматриваемый факт подводится под закон или включается в данную теоретическую систему.

При этом объяснение может быть как дедуктивным, так и индуктивным. До сих пор речь шла о дедуктивном объяснении (т. е. объяснении, основанном на дедуктивном¹ выводе из закона). Что же касается индуктивных² объяснений, то их общая черта состоит в том, что получаемый в результате таких объяснений вывод (в отличие от дедуктивных объяснений) носит вероятностный, а не достоверный характер. Однако это не делает индуктивные объяснения менее полноценными в сравнении с дедуктивными. Они просто представляют собой иной логический тип объяснения, столь же полноценный, что и дедуктивные.

В связи с огромным ростом объема научных знаний в наши дни возникла проблема автоматизации ряда процессов научной деятельности, и в частности процесса дедуктивного объяснения. Современная ЭВМ, в памяти которой можно заложить информацию об известных науке законах, относящихся к той или иной области действительности, может значительно быстрее найти объясняющую закономерность, нежели это сделает ученый. При этом даже отрицательный ответ машины будет иметь позитивное значение, ибо он поведет к дальнейшему поиску неизвестных науке законов.

¹ *Дедукция* (от латинского *deductio* — выведение) — такая форма мышления, когда новое знание по законам логики выводится из предшествующего знания. Путем дедукции получают достоверные выводы.

² *Индукция* (от латинского *inductio* — наведение) — такая форма мышления, посредством которой мысль наводится на какое-либо общее положение (правило, закон), присущее всем единичным предметам какого-либо класса. В современной индуктивной логике этим термином обозначается всякое рассуждение или умозаключение, посылки которого в той или иной степени подтверждаются заключением, т. е., по сути дела, вероятностное высказывание.

Глава 6

ЗАКОНЫ НАУКИ И НАУЧНЫЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ

У научного изучения предметов две основные... цели: предвидение и польза.

Д. И. Менделеев

НАУКА И ПРЕДВИДЕНИЕ

С специфической особенностью человеческой деятельности (в отличие от деятельности животных) является преднамеренное, осмысленное выдвижение определенных целей и их практическая реализация. Очень хорошо сказал об этом К. Маркс. «Паук,— писал он,— совершает операции, напоминающие операции ткача, и пчела постройкой своих восковых ячеек посрамляет некоторых людей-архитекторов. Но и самый плохой архитектор от наилучшей пчелы с самого начала отличается тем, что, прежде чем строить ячейку из воска, он уже построил ее в своей голове. В конце процесса труда получается результат, который уже в начале этого процесса имелся в представлении человека, т. е. идеально. Человек не только изменяет форму того, что дано природой; в том, что дано природой, он осуществляет вместе с тем и свою сознательную цель...»¹.

Побуждаемые определенными социальными (а также, разумеется, и индивидуальными) интересами, люди в процессе своей жизнедеятельности ставят перед собой определенные цели, которые они стремятся во что бы то ни стало осуществить. Но, чтобы добиться такого результата, человек, как уже подчеркивалось в приведенном отрывке из «Капитала» Маркса, должен заранее составить план своей деятельности, что, в свою очередь, предполагает необходимость знания и оценки не только существующей в данный момент ситуации, но и знание последующих состояний действительности, т. е. предполагает умение предвидеть ее будущее развитие.

Достижению этой цели служит наука, с помощью которой осуществляется предсказание будущих (или же су-

¹ Маркс К. Капитал, т. 1.— Маркс К., Энгельс Ф. Соч, 2-е изд., т. 23, с. 189.

ществующих, но еще не открытых) явлений, а также выяснение и оценка путей, способов и возможностей достижения поставленной цели. Предсказание, по сути дела, входит в каждый акт человеческого поведения, который включает преднамеренный выбор. Без него была бы невозможна как жизнь человеческого общества в целом, так и повседневная жизнь отдельных людей.

Стремление к предвидению проходит красной нитью через всю историю человечества. На первых порах человеческой истории предсказание будущего было основано главным образом на различных религиозных представлениях, на вере в разного рода приметы и знамения, сообщаемые людям сверхъестественными силами.

Различные способы прорицания сложились еще в первобытном обществе. Будучи бессилён перед окружающими его грозными явлениями природы, первобытный человек наделял их сверхъестественным могуществом, полагая, что за каждым из них стоит порожденный его фантазией особый дух, от умысла которого зависит его судьба. Стремясь распознать, какое будущее ему уготовано вымышленными сверхъестественными существами, он использовал с этой целью разнообразные способы гаданий, которые, понятно, не имели под собой никакой разумной основы. В дальнейшем, с усложнением общественной жизни и религиозного ритуала, появились особые «специалисты» по предсказанию будущего: гадатели, истолкователи снов, пророки и т. д. При этом не обходилось, разумеется, и без того, что на легковерии невежественных людей нередко наживались также и бессовестные шарлатаны.

Древние греки, например, были убеждены, что божество может открыть людям свою волю путем особых «знамений», истолкование которых называлось мантикой. К числу таких «знамений» суеверные люди относили небесные и атмосферные явления, поведение жертвенных животных, строение их внутренностей, полет птиц и т. п. Особенно большое значение придавалось сновидениям. Вера в «вещий» характер снов нашла свое отражение во всех религиозных книгах, и в частности в Библии. Библейские пророки и все христианские святые разговаривали с богом, как правило, всегда во сне.

В древности считалось также, что божество может сообщать свою волю и через специальных прорицателей, называвшихся оракулами. У греков существовали легенды

о пророках, предсказания которых вдохновлялись богом. Такими пророками считались, например, сивиллы — легендарные девы, обитающие якобы в сырых пещерах, пророк Бакида, получавший вдохновение от фантастических нимф, и т. д.

В большом ходу у них были сборники прорицаний (оракулов), приписывавшиеся сивиллам и Бакиду, к которым суеверные люди прибегали в затруднительных случаях, рассчитывая получить указание, как им надлежит поступить.

Оракулами в Древней Греции назывались также святилища, в которых давались прорицания. Греки верили, что в этих храмах божество сообщало людям свою волю, пользуясь для этого особыми вещими знаками и вкладывая ее в уста пророков. «Пророчества» эти были, разумеется, весьма темны и двусмысленны, их можно было толковать «и так и этак». Когда «предсказание» не сбывалось, жрецы легко выходили из затруднительного положения, заявляя, что оно-де неправильно истолковано.

Пророчества, содержащиеся в Библии, на которые так часто ссылаются христианские церковники, ничем не отличаются от предсказаний, которые делались древнегреческими жрецами и представителями других религий. И если некоторые, приписываемые библейским пророкам, предсказания «сбывались», то, как установлено учеными, они представляют собой описание действительных исторических событий, сделанные задним числом, т. е. после того, как события уже произошли. Некоторые же из них, хотя они и делались от имени бога, опирались в действительности на жизненный опыт, стихийно-эмпирическое знание.

Достоверные предсказания возможны лишь в том случае, когда они опираются на научное знание¹. Поскольку же научное знание аккумулируется в законах науки, последние представляют собой основное орудие предвидения. Знание соответствующего закона дает возможность предсказать поведение объекта в новых, изменившихся усло-

¹ Заметим, что обыденное, стихийно-эмпирическое знание также может служить основой предвидения, хотя и в очень ограниченной мере, ибо оно руководствуется констатацией простой повторяемости явлений в сходных условиях. Эти предсказания составляют область народных примет, прогностическая ценность которых в общем невелика, хотя некоторые из этих примет нередко дают неплохую ориентацию и часто бывают удачны.

виях, доказать существование неизвестных ранее явлений, возникновение качественно иных ситуаций и т. д. Таким образом, зная закон, можно не только объяснить то, что уже известно, но и предсказать то, что еще не известно, но существует в природе, или то, что должно возникнуть в более или менее отдаленном будущем.

Возможность предвидения вытекает из самой сущности научного закона, скрывающего определенную упорядоченность, повторяемость, инвариантность существенных связей между объектами и явлениями.

Таким образом, предвидение с помощью научных законов, наряду с описанием и объяснением, является существенной функцией науки. Без нее была бы невозможна целенаправленная и целесообразная человеческая деятельность. Не случайно проблема предвидения занимает столь значительное место в трудах философов и ученых. Многие из них даже считают, что главная польза от науки состоит в том, что она позволяет заглядывать вперед, строить догадки, предвидеть.

Можно указать следующие три вида научного предвидения:

1. Предсказание новых явлений, которые должны возникнуть в будущем. Таковы, например, прогнозы о будущем Солнечной системы или же Земли, о характере погоды на предстоящий период, о путях развития общества, науки и т. д.

2. Доказательство существования в прошлом неизвестных науке явлений. С такими предвидениями имеют дело геология, палеонтология, историческая география, история и другие области научного знания, изучающие историческое прошлое нашей планеты, человечества и т. д.

3. Определение существования в настоящее время явлений еще не открытых из-за недоступности наблюдений и невозможности эксперимента. Предсказание французского ученого Лавуазье, открывшего «на кончике пера» планету Нептун, т. е. вычислившего ее координаты на основе закона всемирного тяготения Ньютона, предсказание Галлеем (1682) появления в 1875 г. кометы, носящей его имя, предвидение Менделеевым с помощью периодического закона существования и свойств галлия, скандия, германия, предсказание Дираком существования позитрона — замечательные примеры предвидений этого типа.

В логическом плане научное предсказание, основанное

на законе (теории), сходно с научным объяснением. Как и последнее, оно представляет собой основанное на знании общих законов и конкретных данных информации заключение (дедуктивное или индуктивное), относящееся к неизвестному будущему, прошлому или настоящему.

Поскольку объяснение и предвидение служат разным целям, они существенно различаются по своим познавательным особенностям. Объяснение относится к известному событию, которое нужно истолковать с помощью существующего закона, в то время как предсказание всегда относится к событию или явлению неизвестному, еще не наблюдавшемуся. В силу этого для предвидения характерна неопределенность. Если речь идет о предвидении будущего или прошлого, эта неопределенность тем больше, чем значительнее интервал времени, отделяющий предсказание от предсказываемого события.

В основе предсказания лежит знание, которое складывается из описания и объяснения. Объяснительная и предсказательная функции науки, таким образом, неразрывно между собой связаны. Определенность и полнота научного предсказания обуславливается степенью полноты и адекватности описания и объяснения. Предвидение оказывается тем более точным, чем полнее и глубже описание и объяснение, лежащие в его основе, т. е. чем глубже наше знание соответствующих законов. Можно сказать, что определенность и надежность предсказания обусловлена полнотой и глубиной наших знаний об объективных законах, на основе которых осуществляется предсказание.

Научное объяснение всегда полнее, нежели предсказание, ибо оно ближе к описанию, к источникам непосредственной информации.

Предсказанию же, которое отстоит дальше от источников непосредственной информации, естественно, присуща некоторая неопределенность.

Приближенный, вероятностный характер научных прогнозов является прежде всего следствием неполноты знания соответствующих законов, что связано с многообразием объектов и явлений, наличия у них бесконечного множества свойств, связей, которые не могут быть до конца учтены и зафиксированы при самом тщательном описании.

Эта неопределенность предвидения обусловлена также и тем, что объекты, явления природы находятся в процессе постоянного изменения, ибо в мире происходит непрерыв-

ное возникновение нового и, следовательно, преобразование как самих объектов, так и условий их существования.

В силу указанных причин научное предвидение неизбежно заключает в себе элемент некоторой неопределенности и, следовательно, носит вероятностный характер. И тем не менее эта неопределенность научных прогнозов не мешает им быть в то же время достаточно достоверными в пределах того приближения, которое необходимо для практических целей. Об их успешности свидетельствует вся многообразная человеческая деятельность.

Научное предвидение может строиться и на основе гипотез. Гипотетический прогноз является в то же время средством проверки лежащих в его основе предположений. Подтверждение такого прогноза экспериментом, практикой приводит к превращению гипотезы в научную теорию.

Замечательным примером этого является, в частности, подтверждение гипотезы Д. И. Менделеева о существовании ряда неизвестных в то время науке химических элементов. Поскольку пример этот весьма поучителен и представляет собой яркую страницу истории науки, мы остановимся на нем подробнее.

Как известно, великий русский химик установил в 1869 г., что химические и физические свойства элементов находятся в периодической зависимости от их атомных весов. Расположив все известные в то время элементы в ряд, в порядке возрастания атомных весов, он показал, что свойства их повторяются периодически, т. е. через определенное число элементов. Так впервые было установлено, что химические элементы находятся в закономерной связи друг с другом.

Опираясь на периодический закон, Менделеев высказал изумительное по глубине и точности предвидение, полностью подтвердившееся впоследствии. В таблице, составленной ученым, некоторые клетки оказались незаполненными; в последовательности элементов наблюдались разрывы, ибо химических элементов с атомными весами, соответствующими номеру пустой клетки, наука того времени еще не знала. Менделеев прозорливо предсказал, что в природе существуют элементы, которые должны быть вписаны в пустующие клетки, и, мало того, с поразительной точностью описал их свойства!

Гениальный химик в своей работе «Естественная система элементов...» писал: «Мы не имели до сих пор никакой

возможности предвидеть отсутствие тех или других элементов потому именно, что не имели никакой строгой для них системы, а тем более не имели поводов предсказывать свойства таких элементов... Решаюсь это сделать ради того, чтобы хотя со временем, когда будет открыто одно из этих предсказываемых мною тел, иметь возможность окончательно увериться самому и уверить других в справедливости тех предложений, которые лежат в основе предлагаемой мною системы».

Спустя всего лишь четыре года после того, как были написаны эти строки, предвидение Менделеева подтвердилось. В 1875 г. французский химик Лекок де Буабодран открыл галлий; в 1880 г. шведский ученый Л. Нильсон нашел элемент скандий; в 1885 г. был найден гелий; в 1895—1898 гг. — неон, криптон, ксенон. Всего после 1869 г. химики открыли 37 элементов; 21 из них был предсказан Менделеевым. Так осуществилось замечательное научное предвидение.

Восхищенный блестящим научным подвигом Менделеева, известный русский ученый К. А. Тимирязев писал: «Дмитрий Иванович Менделеев объявляет ученому миру, что где-то во Вселенной, может быть на нашей планете, а может быть в иных мирах, должен найтись элемент, который еще не видел глаз человеческий; и этот элемент находится, и тот, кто находит его при помощи своих чувств, видит его на первый раз хуже, чем видел своим ученым взором Менделеев, — это ли не пророчество?»

Да, это действительно было изумительное научное пророчество! И наука знает немало таких поразительных прогнозов. К их числу относятся, например, подтвержденные впоследствии гипотеза Максвелла о существовании электромагнитных волн, гипотеза Планка о квантах, гипотеза Дирака об античастицах, гипотеза Паули о существовании нейтрино, гипотеза Вейля об антинейтрино и многие другие, о которых можно было бы рассказать не меньше, чем о подтвердившемся прогнозе Менделеева.

Таким образом, гипотеза и прогноз как бы дополняют друг друга. Чем больший простор для прогнозов дает гипотеза, тем скорее она может быть подтверждена (или опровергнута), и, следовательно, тем быстрее она может превратиться в научную теорию (или же дать импульс к поискам новой гипотезы). Значит, гипотеза, не допускающая

прогнозов и, следовательно, принципиально не проверяемая, не может считаться научной.

Научные прогнозы принято делить на два типа: аналитические и синтетические.

Аналитические предсказания представляют собой необходимый логический вывод из уже существующего закона (теории). Примерами таких предсказаний могут служить вывод Леверье о существовании планеты Нептун, предсказание конической рефракции в кристаллах Гамильтоном, предсказание пара- и ортоводорода на основе квантовой механики и множество других.

Синтетические предсказания значительно сложнее, нежели аналитические. Они являются результатом не только учета содержания установленных научных законов, но и опоры на интуицию. Синтетическое предсказание имеет место при конструировании нового научного закона (теории). Важную роль в этом процессе играет математическая гипотеза. Примерами синтетического предсказания могут служить предвидение К. Максвеллом существования так называемого «тока смещения», создание П. Дираком релятивистского уравнения электрона и предсказание на основе этого уравнения существования позитрона, создание А. Эйнштейном ОТО и предсказание на ее основе отклонения светового луча при его прохождении вблизи Солнца и т. д.

ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ КАК ФОРМА ПРЕДВИДЕНИЯ

Осуществляя предсказательную функцию наука особенно часто прибегает к методу экстраполяции, т. е. известные законы переносит на такие явления, которые ей еще неизвестны. Таким образом, экстраполяция — это распространение знаний об одной предметной области на более широкую сферу действительности, еще не освоенную наукой. Естественно, что такой метод всегда сопряжен с известным риском, с возможностью выхода за границы справедливости, за ту сферу, в пределах которой законы выполняются. Но сама возможность экстраполяции известных законов на область неизвестного свидетельствует о том, что законы науки являются мощным средством поиска новых знаний.

Потенциально экстраполяционными возможностями обладает любой научный закон. «Нельзя проверить выполнение закона сохранения и превращения энергии для любого

горящего полена, — пишет советский философ Г. И. Наан в своей работе «Гравитация и бесконечность», — но мы тем не менее принимаем этот закон за универсальный».

Таким образом, экстраполяция научных законов — как в экстенсивном (на более широкую область), так в интенсивном (на большую глубину исследуемых объектов) плане — представляет собой необходимый элемент научного предвидения, способ развития науки, метод экспансии (вторжения) научного знания в области неизвестных, неисследованных явлений. Этот метод, раздвигая границы познаваемого, способствует развитию науки. Однако, как уже говорилось, он в то же время таит в себе элемент риска, ибо действует, в сущности говоря, в сфере *terra incognita* («неизвестной земли»), по способу «проб и ошибок».

«Основа науки, — пишет Р. Фейнман в книге «Характер физических законов», — в ее способности предвидеть. Предвидеть — это значит сообщать, что случится в опыте, который никогда прежде не ставился. Как этого можно добиться. Предполагая, что мы независимо от эксперимента знаем, что произойдет, мы экстраполируем опыт, выводим его в область, в которой он не ставился. Мы расширяем свои представления до пределов, в которых они никогда не проверялись. Если это не сделано, никакого предсказания нет. Поэтому вполне разумно было когда-то физику-классику в счастливом неведении предполагать, что понятие положения, бесспорно имеющее смысл в футболе, имеет какой-то смысл и для электрона. Это была не глупость. Это была разумная процедура. А теперь мы, например, говорим, что закон относительности верен при любых энергиях, а ведь в один прекрасный день явится кто-нибудь и объяснит, насколько мы глупы. Мы не догадываемся, в каком месте мы совершаем «глупость», покуда не «вырастем над собой»; вся проблема сводится к тому, как и когда нам это удастся. Единственный же способ обнаружить, в чем мы ошибаемся, — это понять, в чем состоят наши предсказания. Так что без умственных построений не обойтись».

И тем не менее, как подчеркивает Фейнман в известных лекциях по физике, мы должны совершать такие «глупости». Фейнман пишет: «Мы просто обязаны, мы вынуждены распространять все то, что мы знаем, на как можно более широкие области выходить за пределы уже постигнутого, ибо только на этом пути наука оказывается плодотворной».

И это действительно так. Подлинное назначение науки — в открытии нового. И одним из важнейших методов для такого открытия является экстраполяция.

История науки дает много примеров выдающихся открытий, сделанных методом экстраполяции. Так ньютоновский закон тяготения, проверенный первоначально лишь для части планет, был с успехом распространен на всю Солнечную систему, на движение звезд в нашей Галактике, а затем также и на другие галактики. Даже экстраполяция законов квантовой механики на процессы, происходящие в звездных атмосферах и газовых туманностях, несмотря на существенное отличие физических условий в космосе от земных, лабораторных условий, не принесла каких-либо разочарований.

Важное место в развитии современной физики и космогонии занимает метод математической экстраполяции (метод математической гипотезы). Идея этого метода состоит в следующем. Ученый, исходя из математических уравнений, получивших опытное подтверждение в рамках определенной теории, видоизменяет эти уравнения (иногда также и смысл входящих в них переменных, граничные или предельные условия), конструируя, таким образом, математический формализм, позволяющий описать новую сферу явлений. Но, поскольку заранее неизвестно, насколько успешной окажется такая экстраполяция, она вначале, естественно, представляет собой (математическую) гипотезу, требующую проверки и обоснования. И только после подтверждения такой проверкой она приобретает характер достоверного знания.

Превосходным примером математической экстраполяции (гипотезы) является открытие электромагнитных волн Максвеллом. Поставив перед собой задачу дать непротиворечивое математическое описание опытов Фарадея, Кулона и других ученых, Максвелл вынужден был допустить существование так называемого тока смещения¹. Следуя

¹ Поскольку сила, действующая на единицу заряда, равна напряженности электрического поля E , то согласно закону Фарадея изменение магнитного поля всегда должно сопровождаться появлением индуцированного электрического поля. Максвелл предположил, что, возможно, имеет место и обратное явление, т. е. изменяющееся электрическое поле индуцирует магнитное поле. В результате в правую часть одного из уравнений был подставлен еще один член, который Максвелл назвал током смещения,

этой гипотезе, он записал уравнения электромагнитного поля, исходя из так называемых гиперболических уравнений в частных производных, которые до этого с успехом применялись в гидродинамике. Математическая гипотеза Максвелла нашла блестящее подтверждение в опытах Герца, обнаружившего электромагнитные волны, существование которых было предсказано на основе уравнений Максвелла.

Другими, не менее блестящими математическими экстраполяциями явились предсказание существования частицы омега-минус-гиперон; предсказание Дираком существования позитрона на основании полученного им уравнения для электронов (1928); предсказание Г. Вейлем существования антинейтрино и множество других. Таким образом, современная математика все более приобретает эвристические функции, становясь методом получения новых знаний, методом предсказания.

Эти успехи экстраполяции известных науке фундаментальных законов на новые области материального мира привели некоторых ученых к заключению о возможности построения в ближайшее время такой «единой физической теории», которая окажется универсальной. Существует также и противоположная точка зрения. Не отрицая самой широкой возможности экстраполяции физических законов, некоторые ученые не допускают возможности абсолютизации сложившейся в науке системы законов, справедливо считая ее относительной, преходящей, временной, сложившейся при изучении ограниченного круга явлений. Сторонники этой позиции считают, что все законы должны подвергаться уточнениям и обобщениям. Не исключена возможность, что при столкновении с новыми, не поддающимися традиционному истолкованию явлениями возникнет необходимость формулирования новых законов, не укладывающихся в рамки старых представлений. Примером этого может служить открытие в астрофизике за последние 25 лет большого числа нестационарных космических объектов, таких, как нестационарные звездные группировки (в частности, звездные ассоциации), гигантские космические тела с неизвестными свойствами, активные ядра галактик, квазизвездные объекты и др. Попытка объяснить поведение этих необычных объектов с точки зрения сложившихся в науке представлений встречается со значительными трудностями. В связи с этим некоторыми уче-

ными было высказано не лишенное известных оснований предположение, что, возможно, наука столкнулась в данном случае с какими-то новыми физическими законами, действие которых ранее не было известно.

Подобные ситуации возникают в настоящее время не только в астрофизике, но и в микрофизике, и других областях знания. Противоречия обычно разрешаются при этом открытием новых законов фундаментального значения. Это и понятно. Научные законы не могут допускать глобальной (всеобщей, распространенной на весь материальный мир) экстраполяции, ибо они сформулированы на основании ограниченной историческими возможностями человеческой практики и ограниченной сферы наблюдений.

Таким образом, метод экстраполяции, несмотря на его рискованность, приводящую нередко к ошибкам, является, как мы убедились, важным способом построения научных прогнозов. Именно поэтому он так широко используется в науке, хотя его применение всегда нуждается в большой осторожности и всесторонней проверке.

ВИДЫ НАУЧНЫХ ЗАКОНОВ И ТИПЫ ПРЕДСКАЗАНИЙ

Поскольку в основе научного предсказания лежит научный закон, типы предсказаний соответствуют типам научных законов, которые мы выше перечислили. Каждый научный закон обладает предсказательной функцией в той сфере или области, в какой он действует, и с той степенью надежности и точности, с какой он отражает существенные связи между явлениями. Точность предсказания зависит, следовательно, от полноты и точности выражения в научном законе соответствующего объективного закона, а также, разумеется, и от степени полноты и точности информации об условиях, в которых он действует.

Остановимся вкратце на характеристике предсказательных функций основных типов научных законов: эмпирических и теоретических, структурных, статистических и динамических, формулируемых качественно и количественно.

Эмпирические законы, как уже говорилось, отражают лишь вытекающие непосредственно из наблюдений и экспериментов связи между явлениями. И хотя эти законы не являются столь глубокими, как теоретические, прогнозы,

основанные на них, вообще говоря, отличаются значительной степенью надежности. Примером этого могут служить, в частности, предсказания, вытекающие из кинематических законов движения планет (законы Кеплера), законов геометрической оптики, термодинамики и некоторых других. Так, два основных закона геометрической оптики — закон отражения и закон преломления — дают возможность построить всю геометрию световых лучей. С помощью закона Снеллиуса, в частности, можно предсказать значение угла преломления светового луча по его углу падения и коэффициенту преломления материала n . Столь же значительной предсказательной мощью обладают и другие эмпирические законы, дающие надежные предсказания в пределах эмпирически отражаемой ими связи.

Что же касается теоретических законов, то, поскольку они гораздо глубже и полнее выражают соответствующие объективные закономерности, нежели эмпирические законы, носящие ограниченный и менее глубокий характер, — эти законы, естественно, обладают соответственно и несравненно большей прогностической мощью. Предсказания, основанные на теоретических законах, охватывают более глубокую и обширную сферу явлений, чем предсказания, основанные на эмпирических законах. Убедительными примерами таких предсказаний являются прогнозы небесных явлений (солнечное и лунное затмения, появление комет и т. д.), основанные на законе всемирного тяготения Ньютона; прогнозы, в основе которых лежат уравнения электродинамики Максвелла (например, предсказание существования электромагнитных волн); прогнозы, основанные на законах общей теории относительности (например, отклонение светового луча, проходящего вблизи Солнца, «красное смещение» в спектрах внегалактических туманностей) и т. д.

Значительные предсказательные возможности таят в себе также структурные законы. Вскрывая существенную связь между элементами той или иной системы, эти законы дают возможность предсказывать существование неизвестных, не открытых еще наукой элементов. При этом, хотя время и не входит явно в структурные законы, прогнозы, которые они позволяют формулировать, могут относиться как к настоящему, так и к прошлому или будущему. И таких предсказаний история науки знает немало. Замечательным примером прогноза такого типа является

неоднократно упоминавшееся предсказание Менделеевым неизвестных химических элементов. Другим, более современным примером такого прогноза является открытие новой частицы, носящей название омега-минус-гиперон, существование и свойства которой предсказал известный современный физик Гелл-Манн на основе предложенной им классификации элементарных частиц.

Особо важное место в рассматриваемой проблеме занимает вопрос о предсказательных возможностях физических законов, которые выражаются с помощью дифференциальных уравнений. Поскольку в них явно входят временные зависимости, на их основе могут быть предсказаны также и конкретные сроки наступления событий. Примерами предсказаний этого типа являются упоминавшиеся уже предсказания, основанные на законах классической механики и классической электродинамики (электродинамики Максвелла) и лежащие в основе всевозможных технических применений и всей инженерной практики в промышленности, на транспорте и в других областях.

Большое место в современной науке занимает проблема соотношения прогнозов, основанных на таких двух типах законов, как динамические и статистические.

Как уже было выяснено, динамические — это такие законы, которые дают возможность на основе знания начального состояния объекта и внешних условий, в которых он находится, однозначно предсказать его состояние в любой момент времени.

Статистические же закономерности относятся к совокупности объектов, описывая поведение этой совокупности как целого. Поведение отдельных элементов множества (ансамбля) является случайным и обуславливается законом только с определенной долей вероятности, а не однозначно.

Вследствие этого главная задача статистического прогноза должна состоять в предвидении свойств совокупности. Что же касается отдельных элементов совокупности, то статистические законы позволяют предсказать их поведение лишь в той мере, в какой это поведение можно рассматривать как среднее для данной совокупности, отвлекаясь от всего специфического, индивидуального, присутствующего только ему одному. Чем большее количество элементов образует данную совокупность, тем с большей точностью проявляется данный статистический закон; по мере

того как число элементов совокупности уменьшается, связь между ними все более утрачивает закономерный характер. Следовательно, статистический прогноз становится все более надежным при увеличении числа объектов совокупности, поведение которой предсказывается.

Вероятностный характер статистических законов не уменьшает ни полноты, ни правомерности соответствующих предсказаний. Предсказания, полученные на основе статистических законов, не являются менее полными или менее достоверными, нежели предсказания, основанные на динамических законах. В природе существуют такие процессы, которые нельзя ни объяснить, ни предсказать, исходя из закономерностей, которые могут быть применены к отдельным элементам множества. Точные данные об индивидуальном процессе, входящем в совокупность, подчиняющуюся статистическому закону, нельзя предсказать не только из-за недостатка информации о них, а потому что сами индивидуальные процессы подчиняются только вероятностным закономерностям. Речь идет о принципиальной невозможности (и ненужности) «точного» предсказания, вытекающей из природы самих объектов. Советский философ В. И. Купцов в книге «Вероятность и достоверность» по этому поводу пишет: «Коль скоро теория описывает объективные вероятностные связи, их предсказание в рамках модели будет вполне достоверным. Признавая существование специфических вероятностно-статистических отношений, мы не имеем права отождествлять вероятность и недостоверность».

На основе динамических законов механики, например, нельзя предсказать характер поведения звездного скопления, в то время как статистическое истолкование приводит к точному предсказанию этого поведения. Применяя статистический закон Максвелла о распределении молекул по скоростям, можно предсказать скорость распада такого скопления звезд. При этом наличие полной информации о деталях поведения отдельных звезд данного скопления ни в коей мере не исключает необходимости в статистических предсказаниях относительно поведения скопления как целого.

Таким образом, статистические предсказания представляют собой особый вид научных предсказаний и эти предсказания для сферы явлений, охватываемых статистическими законами, являются столь же достоверными и пол-

ными, как и предсказания, основанные на законах любого другого типа, и в частности на динамических законах.

Остановимся на предсказаниях, основанных на качественно и количественно формулируемых законах,

Качественно формулируемые закономерности вскрывают лишь общие тенденции развития явлений. То, что эти законы не могут (или пока не могут) быть выражены на языке математики и формулируются с помощью средств естественного языка, свидетельствует не об ограниченности (или недостаточности), а лишь об их специфичности.

Законы же, которые выражают количественные характеристики объективно существующих связей (количественные законы), формулируются на языке математических символов с помощью формул или уравнений (систем уравнений). Таковы в своем большинстве законы классической механики, термодинамики, классической электромагнитной теории Максвелла, теории относительности, квантовой механики и т. д. Выраженные на языке математики, количественные законы могут быть эмпирическими или теоретическими, динамическими или статистическими и т. д. Количественное выражение научных законов проникает в настоящее время в те области науки, в которых до недавнего времени математика почти не использовалась. Благодаря совершенствованию методов математического описания объектов, стало возможно количественное выражение законов не только физики, но и биологии, медицины, социологии и ряда других наук, законы которых раньше формулировались только качественно. Формальный математический аппарат, с помощью которого выражаются количественные законы, дает возможность достичь высокой точности предсказаний. Таковы, в частности, прогнозы, получаемые на основе ньютоновской механики, электромагнитной теории Максвелла, специальной теории относительности и др.

Итак, научные предсказания строятся на научных законах. Так как последние являются более или менее точными отражениями объективных законов, они дают возможность судить о характере поведения тех или иных объектов окружающего нас мира, об особенностях протекания объективных процессов и явлений. При этом успешность прогноза, в свою очередь, является проверкой научного закона, позволяя судить о его адекватности (соответствии) объективному закону природы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

И так, книга прочитана. Последняя страница перевернута. Давайте подведем краткий итог. Что узнал читатель из этой книги?

Книга познакомила с понятиями закона природы (объективного закона внешнего мира) и научного закона. Почему эти понятия столь важны, что понадобилось посвятить им целую книгу?

Дело в том, что наука (наше знание о мире) представляет собой не случайное собрание разрозненных сведений о различных предметах и явлениях, а упорядоченную определенным образом систему понятий, принципов, законов. Научные законы составляют основу этой системы, вокруг которой группируются все остальные ее элементы. Именно поэтому важно знать специфику, структуру и функции закона.

В книге было показано, что законы науки являются более или менее правильным отображением объективных законов природы.

При рассмотрении вопроса о том, как открываются законы природы, автор сознательно говорил о «создании» научных законов. Конечно, речь идет не о создании законов природы человеком, а об отыскании формулировки (в большинстве случаев математической) научного закона, которая бы достаточно адекватно отражала объективный закон природы. Говоря о «создании» научных законов, автор подчеркивает активный характер научного творчества. Чтобы сформулировать научный закон, от исследователя требуется много выдумки, воображения и изобретательно-

сти. Приходится, как мы видели, прибегать к разного рода сложным и искусственным приемам — к абстракции, отождествлению, идеализации, построению теоретических конструктов, к выдвиганию гипотез, моделированию и т. д. Поэтому и впрямь человек в известной мере выступает как творец научных законов, их конструктор; он их создает, изобретает. Вот почему, подчеркивая, что законы науки объективны по своему содержанию, мы в то же время указываем на важность субъективного момента в их открытии и формулировании, в особенности если речь идет о теоретических законах.

Творческим характером науки, ее непрерывным ростом и прогрессом объясняется и то, что научные законы постоянно совершенствуются: в них вносятся поправки, они уточняются; частные законы заменяются более общими и более глубокими. В этом состоит одна из замечательных особенностей научного знания — оно всегда развивается: здание науки постоянно строится, возводятся все новые, более высокие этажи и столь же постоянно ремонтируются и перестраиваются его нижние этажи, его основание. Научный прогресс человечества никогда не останавливается.

Большое значение имеет вопрос о роли практики в возникновении, развитии и проверке научных законов и научных теорий. Наука создается на почве практики и обслуживает ее потребности; с помощью практики также проверяется ее соответствие объективной действительности.

Человек познает природу не только для удовлетворения своей прирожденной любознательности — хотя и это обстоятельство играет определенную роль в развитии знания, — но главным образом для того, чтобы изменить ее, переделать мир в соответствии с теми потребностями, которые возникают у общества в тот или иной период его исторического развития. Хорошо известно, какую огромную роль играет знание, наука в развитии производства: в наше время, в эпоху научно-технической революции, наука стала непосредственной производительной силой.

Однако всякая разумно организованная деятельность по преобразованию действительности возможна лишь на основе понимания этой действительности и предвидения направлений ее развития. Чтобы изменить мир, нужно прежде всего его объяснить и научиться прогнозировать процессы, в нем происходящие.

Орудием научного объяснения и научного предвидения

является научный закон. Естественно, что по мере прогресса знания, по мере усовершенствования научных законов и научных теорий полнее и глубже становятся наши объяснения, достовернее делаются научные предсказания.

Являясь орудием объяснения и предсказания явлений, научные законы лежат в основе практической деятельности людей. Именно поэтому в нашей стране уделяется большое внимание вопросам развития фундаментальных и прикладных научных знаний.

Автор надеется, что чтение этой книги учащимися средней школы будет способствовать не только более глубокому и более полному пониманию того, что изучается в школьном курсе физики и по другим учебным предметам, но и поможет им лучше разобраться в другой разнообразной информации, относящейся к развитию науки наших дней или к событию современной общественной жизни, столь сложной и многогранной.

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

- Авогадро Амедео** (1776—1856) — итальянский физик и химик. Выдвинул (1811 г.) молекулярную гипотезу строения вещества и установил один из газовых законов, названный его именем.— 35.
- Альфвен Ханнес** (р. 1908 г.) — шведский физик и астрофизик, основоположник магнитной гидродинамики.— 28.
- Ампер Андре Мари** (1775—1836) — французский ученый, один из основоположников электродинамики. Открыл механическое взаимодействие токов и установил закон этого взаимодействия.— 49, 81.
- Аристотель** (384—322 до н. э.) — древнегреческий философ и ученый. В 335 г. до н. э. основал философскую школу — Ликей. Сочинения Аристотеля охватывают все отрасли знания того времени. В своих философских взглядах колебался между материализмом и идеализмом.— 11, 15, 34.
- Бойль Роберт** (1627—1691) — английский физик и химик. Сформулировал первое научное определение химического элемента, ввел в химию экспериментальный метод, положил начало химическому анализу. Установил один из газовых законов (закон Бойля — Мариотта).— 29, 35, 81.
- Больцман Людвиг** (1844—1906) — австрийский физик, один из основателей статистической физики и физической кинетики. Вывел функцию распределения и основное кинетическое уравнение газов. Дал (1872 г.) статистическое обоснование второго начала термодинамики. Вывел закон излучения (закон Стефана — Больцмана).— 45, 75.
- Бор Нильс Хендрик Давид** (1885—1962) — датский физик, один из основателей современной физики. Создал теорию атома, основанную на планетарной модели и квантовых представлениях.— 39, 45, 56.
- Борель Эмиль** (1871—1956) — французский математик. Основные

труды относятся к математическому анализу, теории функций, математической физике и теории вероятностей.— 13.

Борн Макс (1882—1970) — немецкий физик-теоретик, один из создателей квантовой механики.— 62.

Браге Тихо (1546—1601) — датский астроном, реформатор практической астрономии. Свыше 20 лет проводил наиболее точные по тому времени измерения положения небесных светил. На основании полученных им данных И. Кеплер вывел законы движения планет.— 29, 35, 64, 69.

Бройль Луи де (р. 1892 г.) — один из создателей квантовой механики, выдвинул (1924 г.) идею о волновых свойствах вещества.— 44.

Бэкон Френсис (1561—1626) — английский философ, родоначальник английского материализма.

Ван Дер Ваальс Иоханнес Дидерик (1837—1923) — нидерландский физик. Вывел (1873 г.) уравнение состояния для неидеальных газов.— 35, 36.

Вейль Герман (1885—1955) — немецкий математик. Основные труды относятся к теории функций, теории чисел, теории групп и ее применениям к физике.— 92, 96.

Галилей Галилео (1564—1642) — итальянский ученый, один из основателей точного естествознания. Заложил основы классической механики. Активно защищал гелиоцентрическую систему Коперника, за что был предан суду инквизиции (1633 г.). — 11, 33, 34, 35, 36, 56, 60, 61, 80, 83.

Галле Иоганн Готфрид (1812—1910) — немецкий астроном. Уточнил солнечный параллакс, открыл три кометы, обнаружил (1846 г.) Нептун по координатам, вычисленным У. Леверье.— 48.

Галлей Эдмунд (1656—1742) — английский астроном и геофизик. Предсказал время нового появления (1758 г.) кометы 1682 г.— (кометы Галлея), впервые доказал периодичность движения комет.— 89.

Гегель Георг Вильгельм Фридрих (1770—1831) — немецкий философ-идеалист. Создал систематическую теорию диалектики на идеалистической основе. Диалектика Гегеля была переработана классиками марксизма-ленинизма на материалистической основе.— 17, 18, 22, 60.

Гейзенберг Вернер Карл (1901—1976) — немецкий физик-теоретик, один из создателей квантовой механики. Сформулировал (1927 г.) принцип неопределенности.— 56, 76.

Гей-Люссак Жозеф Луи (1778—1850) — французский химик и физик. Открыл газовый закон, названный его именем.— 35, 93.

Гельмгольц Герман Людвиг Фердинанд (1821—1894) — немецкий ученый, автор фундаментальных трудов по физике, биофизике, физиологии, психологии. Впервые (1847 г.) математически обосновал закон сохранения энергии.— 79.

- Герц Генрих Рудольф** (1857—1894) — немецкий физик. Придал уравнениям Максвелла симметричную форму. Экспериментально доказал существование электромагнитных волн и тождественность основных свойств электромагнитных и световых волн.— 49, 60, 68, 96.
- Гиббс Джозайя Уиллард** (1839—1903) — американский физик-теоретик, один из создателей термодинамики и статистической механики. Установил фундаментальный закон статистической физики (распределение Гиббса).— 75.
- Гольбах Поль Анри** (1723—1789) — французский философ-материалист, атеист, идеолог революционной буржуазии. В своем главном произведении «Система природы» (1770 г.) систематизировал взгляды французских материалистов XVIII в.— 16.
- Гераклит Эфесский** (кон. VI — нач. V в. до н. э.) — древнегреческий философ-диалектик. Первоначально всего сущего считал огонь. Высказал идею непрерывного изменения.— 15.
- Гримальди Франческо Мария** (1618—1663) — итальянский физик и астроном. Открыл дифракцию света.— 44.
- Гюйгенс Христиан** (1629—1695) — нидерландский ученый. Создал волновую теорию света (1678 г.), объяснил двойное лучепреломление. Открыл кольцо у Сатурна и спутник этой планеты — Титан. Гюйгенс — автор одного из первых трудов по теории вероятностей.— 79.
- Дайсон Фримен Джон** (р. 1923 г.) — современный американский физик-теоретик, специалист по проблемам математической физики.— 45.
- Декарт Рене** (1596—1650) — французский философ, математик, физик и физиолог. Заложил основы аналитической геометрии; ввел понятия переменной величины и функции, а в механике импульса силы. Высказал закон сохранения количества движения. Положил начало оптике как науке. Декарт пытался объяснить образование и движение небесных тел вихревым движением материи. Декарт был великим представителем механистического материализма в естествознании.— 16, 60, 61.
- Демокрит** (V в. до н. э.) — древнегреческий философ-материалист, один из основателей античной атомистики.— 15.
- Джинс Джеймс Хопвуд** (1877—1946) — английский физик и астрофизик. Основные труды относятся к кинетической теории газов, теории теплового излучения, строению и эволюции звезд, звездных систем и туманностей. Автор космогонической гипотезы (гипотеза Джинса).— 57.
- Дирак Поль Адриен Морис** (р. 1902 г.) — английский физик, один из создателей квантовой механики. Разработал квантовую статистику (статистика Ферми — Дирака), релятивистскую теорию движения электрона (уравнение Дирака, 1928 г.— Заложил основы квантовой теории излучения и квантовой теории гравитации.— 89, 92, 93, 96.

- Евклид** (III в. до н. э.) — древнегреческий ученый, впервые осуществивший построение и систематическое изложение геометрии как науки.— 12.
- Зоммерфельд Арнольд Иоганн Вильгельм** (1868—1951) — немецкий физик и математик. Уточнил модель атома Бора и создал теорию тонкой структуры водородоподобных атомов (1916 г.). Заложил основы квантовой теории металлов (1928 г.).— 33.
- Инфельд Леопольд** (1898—1968) — польский физик, один из основателей польской школы теоретической физики. Труды Инфельда относятся к общей теории относительности. Л. Инфельдом написана книга «Эволюция физики» (1938 г.).— 10, 34, 35, 58.
- Кавендиш Генри** (1731—1810) — английский физик и химик. Исследовал свойства многих газов, получил водород и углекислый газ. С помощью крутильных весов подтвердил закон всемирного тяготения, определил гравитационную постоянную, массу и среднюю плотность Земли.— 21.
- Кант Иммануил** (1724—1804) — немецкий философ, родоначальник немецкой классической философии. В философии стоял на позициях дуализма. Отрицал возможность познания сущности вещей (агностицизм). Труды Канта сыграли значительную роль в развитии диалектики.— 7, 17, 60.
- Капица Петр Леонидович** (р. 1894 г.) — советский физик, один из основателей физики низких температур и физики сильных магнитных полей. Открыл сверхтекучесть жидкого гелия. Разработал новый способ сжижения воздуха, новый тип мощного генератора электромагнитных колебаний и др.— 43.
- Кеплер Иоганн** (1571—1630) — немецкий астроном. Открыл законы движения планет (законы Кеплера). Заложил основы теории затмений.— 26, 29, 35, 39, 63, 64, 68, 98.
- Кирхгоф Густав Роберт** (1824—1887) — немецкий физик. Установил правила расчета электрической цепи, названные его именем (правила Кирхгофа). Совместно с Р. Бунзеном заложил основы спектрального анализа (1859 г.), открыл цезий (1860 г.) и рубидий (1861 г.). Ввел понятие абсолютно черного тела и открыл закон излучения, названный его именем (закон Кирхгофа).— 56, 81.
- Клапейрон Бенуа Поль Эмиль** (1799—1864) — французский физик и инженер. Ввел в термодинамику индикаторные диаграммы, вывел уравнение состояния идеального газа, обобщенное в дальнейшем Д. И. Менделеевым (уравнение Менделеева — Клапейрона).— 35.
- Коперник Николай** (1473—1543) — польский астроном, создатель гелиоцентрической системы мира. Совершил революционный переворот в астрономии, отказавшись от господствовавшего в течение многих веков учения о центральном положении Земли.— 10, 46, 47, 61, 66, 68.
- Кулон Шарль Огюстен** (1736—1806) — французский инженер и физик, основатель электростатики. Изобрел крутильные весы

и установил закон взаимодействия точечных электрических зарядов (закон Кулона).— 7, 39, 49, 56, 81.

Лаплас Пьер Симон (1749—1827) — французский астроном, математик, физик. Автор классических трудов по теории вероятностей, дифференциальным уравнениям, математической физике, теплоте, акустике, небесной механике и др.— 60.

Леверье Урбен Жан Жозеф (1811—1877) — французский астроном. На основании возмущений Урана вычислил (1846 г.) орбиту и положение планеты, названной Нептуном (обнаружена И. Галле в 1846 г.).— 48, 89, 93.

Лейбниц Готфрид Вильгельм (1646—1716) — немецкий философ-идеалист, математик, физик, языковед. Один из создателей дифференциального исчисления. Предвосхитил принципы современной математической логики.— 28, 60, 61.

Лекок де Буабодран Поль Эмиль (1838—1912) — французский химик. Открыл (1875 г.) галлий, предсказанный Д. И. Менделеевым (1870 г.), самарий (1879 г.) и диспрозий (1866 г.).— 92.

Лоренц Хендрик Антон (1853—1928) — нидерландский физик. Создал классическую электронную теорию. Разработал электродинамику движущихся сред. Вывел преобразования, названные его именем (преобразования Лоренца).— 47.

Майкельсон Альберт Абрахам (1852—1931) — американский физик. Автор точных оптических приборов и экспериментов по определению скорости света.— 47.

Максвелл Джеймс Клерк (1831—1879) — английский физик, основоположник классической электродинамики, один из основателей статистической физики. Создал теорию электромагнитного поля, предсказал существование электромагнитных волн, выдвинул идею электромагнитной природы света, установил статистическое распределение молекул по скоростям, названное его именем (распределение Максвелла).— 26, 37, 39, 40, 45, 46, 48, 49, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 73, 75, 81, 92, 93, 95, 99, 100, 101.

Мариотт Эдм (1620—1684) — французский физик. Первым описал слепое пятно на сетчатке глаза. Установил (1676 г.) независимо от Р. Бойля один из газовых законов (закон Бойля — Мариотта).— 3, 29, 35, 81.

Менделеев Дмитрий Иванович (1834—1907) — русский автор фундаментальных исследований по химии, химической технологии, физике, метрологии, воздухоплаванию, метеорологии, сельскому хозяйству, экономике, народному просвещению и др. Открыл (1869 г.) периодический закон химических элементов. Заложил основы теории растворов, предложил промышленный способ фракционного разделения нефти и др.— 82, 86, 89, 91, 99.

Монтескьё Шарль Луи (1689—1755) — французский философ. Выступал против абсолютизма.— 16.

- Наан Густав Иоганович** (р. 1919 г.) — советский философ, академик АН Эстонской ССР. Основные исследования относятся к философским вопросам естествознания (космология, теория относительности).— 94.
- Нильсон Ларе Фредерик** (1840—1899) — шведский химик. Открыл скандий (1879 г.), свойства которого соответствовали предсказанному Д. И. Менделеевым экабору. Исследовал редкоземельные элементы.— 92.
- Ньютон Исаак** (1643—1727) — английский физик, математик, астроном, основатель классической физики. Разработал независимо от Лейбница дифференциальное и интегральное исчисления. Открыл дисперсию света, хроматическую aberrацию, интерференцию, развил корпускулярную теорию света. Сформулировал основные законы классической механики. Открыл закон всемирного тяготения, создал основы небесной механики. Ньютон — второй после Декарта великий представитель механистического материализма в естествознании.— 16, 20, 27, 34, 36, 42, 48, 56, 60, 61, 62, 63, 65, 79, 80, 82, 84, 89, 98.
- Ом Георг Симон** (1787—1854) — немецкий физик. Установил (1826 г.) закон прохождения электрического тока в цепи (закон Ома).— 59.
- Павлов Иван Петрович** (1849—1936) — советский физиолог, создатель учения о высшей нервной деятельности. Труды И. П. Павлова сыграли большую роль в развитии физиологии, медицины, психологии и педагогики.— 59.
- Паскаль Блез** (1623—1662) — французский философ, математик и физик, один из основоположников гидростатики. Установил основной закон гидростатики (закон Паскаля).— 3.
- Паули Вольфганг** (1900—1958) — швейцарский физик-теоретик. Один из создателей квантовой механики и основоположник релятивистской квантовой теории поля. Сформулировал (1925 г.) принцип, названный его именем. Выдвинул (1930 г.) гипотезу о существовании нейтрино.— 92.
- Планк Макс** (1858—1947) — немецкий физик, основоположник квантовой теории. Ввел понятие о кванте действия (постоянная Планка) и вывел закон излучения, названный его именем.— 38, 41, 42, 43, 44, 46, 50, 51, 62.
- Платон** (427—347 до н. э.) — древнегреческий философ-идеалист. Основал в Афинах школу (Платоновская Академия). Учение Платона — первая классическая форма идеалистической философии.— 15.
- Птолемей Клавдий** (II в. до н. э.) — древнегреческий астроном, создатель геоцентрической системы мира.— 10, 47, 61, 66, 68.
- Пуанкаре Жюль Анри** (1854—1912) — французский математик, физик и философ. Его главные труды относятся к теории дифференциальных уравнений и аналитических функций, топологии, небесной механике.— 23, 65, 78.

- Спиноза Бенедикт** (1632—1677) — нидерландский философ-материалист, атеист. Его основное произведение «Этика» оказало большое влияние на развитие философской мысли.— 61.
- Тамм Игорь Евгеньевич** (1895—1971) — советский физик-теоретик. Его труды относятся к ядерной физике, теории излучения, физике элементарных частиц и др.— 49.
- Тимирязев Климент Аркадьевич** (1843—1920) — русский естествоиспытатель-дарвинист, один из основоположников русской научной школы физиологии растений.— 92.
- Умов Николай Алексеевич** (1846—1915) — первый русский физик-теоретик. Ввел понятие плотности потока энергии, сформулировал уравнение движения энергии.— 78.
- Фарадей Майкл** (1791—1867) — английский физик, основатель учения об электромагнитном поле, раскрыл связи между электричеством и магнетизмом, магнетизмом и светом. Открыл явление электромагнитной индукции и установил законы электролиза, открыл пара- и диамагнетизм, вращение плоскости поляризации света в магнитном поле и др.— 26, 37, 39, 49, 56, 95.
- Фейнман Ричард Филлипс** (р. 1918 г.) — американский физик-теоретик, один из основателей квантовой электродинамики.— 21, 41, 43, 46, 62, 67, 94.
- Френель Огюстен Жан** (1788—1827) — французский физик, один из основоположников волновой оптики. Создал теорию дифракции света, доказал поперечность световых волн, объяснил явление поляризации света, заложил основы кристаллооптики.— 44, 61.
- Шоу Джордж Бернард** (1856—1950) — английский писатель-драматург.— 45.
- Шредингер Эрвин** (1887—1961) — австрийский физик-теоретик, один из создателей квантовой механики.— 56.
- Эйнштейн Альберт** (1879—1955) — физик-теоретик, один из основателей современной физики. Создал специальную теорию относительности (1905 г.) и общую теорию относительности (1916 г.), автор основополагающих трудов по квантовой теории света; ввел понятие фотона (1905 г.), объяснил законы фотоэффекта, основные законы фотохимии и др.— 10, 26, 27, 34, 35, 39, 43, 46, 51, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 67, 68, 83, 93.
- Эрстед Ханс Христиан** (1777—1851) — датский физик. Открыл (1920 г.) магнитное действие электрического тока.— 36.
- Юнг Томас** (1773—1829) — английский ученый. Его работы относятся к оптике, акустике, теплоте, механике, астрономии, геодезии, филологии, зоологии и др. Юнг — один из основоположников волновой теории света. Он, в частности, объяснил явления интерференции света (1801 г.), высказал идею о поперечности световых волн (1817 г.) и пр.— 44.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

3

Глава 1

ОБЫДЕННОЕ И НАУЧНОЕ ЗНАНИЕ

7

Глава 2

КАК ВОЗНИКЛО И СФОРМИРОВАЛОСЬ
ПОНЯТИЕ ЗАКОНА ПРИРОДЫ

13

Глава 3

ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ
И ЗАКОНЫ НАУКИ

18

Глава 4

КАК СОЗДАЮТСЯ НАУЧНЫЕ ЗАКОНЫ

28

Глава 5

КАК ЗАКОНЫ ОБЪЯСНЯЮТ ЯВЛЕНИЯ

78

Глава 6

ЗАКОНЫ НАУКИ
И НАУЧНЫЕ ПРЕДСКАЗАНИЯ

86

Заключение

102

Указатель имен

105

ЛЕВ АЛЕКСАНДРОВИЧ ДРУЯНОВ

ЗАКОНЫ ПРИРОДЫ И ИХ ПОЗНАНИЕ

Редактор *Г. Р. Лисенкер*

Художественный редактор *В. М. Прокофьев*

Технические редакторы *Л. М. Абрамова, Е. В. Лёвова*

Корректор *Л. П. Михеева*

ИБ № 6387

Сдано в набор 22.09.81. Подписано к печати 05.03.82. Формат 84×108¹/₂. Бумага типографская № 2. Гарнитура об. нов. Печать высокая. Усл. печ. л. 5,88+Усл. кр. от. 6,51. Уч.-изд. л. 6,08. Тираж 200 000 экз. Заказ № 1980. Цена 20 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного комитета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли, Москва, 3-й проезд Марьиной рощи, 41.

Минское производственное полиграфическое объединение им. Я. Коласа, 220005, Минск, ул. Красная, 23.

20 к.

