

Р. КАРНАП
ЗНАЧЕНИЕ ЗАКОНОВ:
ОБЪЯСНЕНИЕ И ПРЕДСКАЗАНИЕ

Наблюдения, делаемые нами в повседневной жизни, так же как более систематические наблюдения в науке, обнаруживают в мире определенную повторяемость или регулярность. За днем всегда следует ночь; времена года повторяются в том же самом порядке; огонь всегда ощущается как горячий; предметы падают, когда мы их роняем, и т. д. Законы науки представляют не что иное, как утверждения, выражающие эти регулярности настолько точно, насколько это возможно.

Если некоторая регулярность наблюдается во все времена и во всех местах без исключения, тогда она выступает в форме универсального закона. Пример из повседневной жизни: "Всякий лед — холодный". Это суждение утверждает, что любой кусок льда — в любом месте во вселенной, в любое время, в прошлом, настоящем и будущем — является (был или будет) холодным. Не все законы науки являются универсальными. Вместо того чтобы утверждать, что регулярность встречается во всех случаях, некоторые законы утверждают, что она встречается только в определенном проценте случаев. Если этот процент указывается или если каким-либо иным образом делается количественное утверждение насчет отношения одного события к другому, то такое утверждение называют "статистическим законом". Например, "зрелые яблоки — обычно красные" или "приблизительно половина детей, рождающихся в каждом году, — мальчики". Оба типа законов — универсальные и статистические — необходимы в науке. Универсальные законы логически проще, и поэтому сначала мы рассмотрим именно их. В первой части этого обсуждения под "законами" обычно будут пониматься универсальные законы. Универсальные законы выражаются в логической форме...

Не все утверждения, высказываемые учеными, имеют... логическую форму. Ученый может сказать: "Вчера в Бразилии профессор Смит открыл новый вид бабочек". Это утверждение — не утверждение закона. Оно говорит о специфическом определенном времени и месте; оно устанавливает, что нечто случилось в такое-то время и в таком-то месте. Поскольку такие утверждения, как это, являются утверждениями об отдельных фактах, они называются "единичными" утверждениями. Конечно, все наше познание возникает из единичных утверждений — частных наблюдений отдельных индивидов. Один из больших и сложных вопросов философии науки — это вопрос о том, как мы в состоянии подняться от таких единичных утверждений к универсальным законам.

Когда утверждения делаются ученым на обычном, словесном языке, а не на более точном языке символической логики, мы должны быть крайне внимательными, чтобы не смешать единичные утверждения с универсальными. Если зоолог пишет в учебнике: "Слон — отличный пловец", то он имеет в виду не определенного слона, которого он наблюдал в зоологическом саду и который является отличным пловцом. Когда ученый говорит об "(определенном) слоне", то он использует определенный артикль "the" в аристотелевском смысле; этот артикль относится к целому классу слонов. Все европейские языки унаследовали от греческого (а возможно, и от других языков) эту манеру говорить о единичном, когда в действительности имеется в виду класс или тип. Когда греки говорили: "Человек есть разумное животное", то они имели в виду, конечно, всех людей, а не каких-либо особенных. Подобным же образом мы говорим "слон", когда имеем в виду всех слонов, или "туберкулез характеризуется следующими симптомами...", когда имеем в виду не отдельный случай туберкулеза, а все случаи.

Это — несчастье, что наш язык несет в себе эту двусмысленность, потому что она является источником многих недоразумений. Ученые часто обращаются с универсальными утверждениями — или, скорее, с тем, что выражают такие утверждения, — как с "фактами". Они забывают, что слово "факт" первоначально применялось (и мы будем применять его исключительно в этом смысле) к единичным, частным событиям. Если ученого спросят о законе теплового расширения, он может сказать: "О, тепловое расширение! Это один из известных, основных фактов физики". Подобным же образом он может говорить как о факте, что тепло вызывается электрическим током, что магнетизм порождается электричеством, и т. д. Все это иногда рассматривается в качестве "фактов" физики. Чтобы избежать недоразумений, мы предпочитаем не называть такие утверждения "фактами". Факты являются единичными событиями. "Утром в лаборатории я пропустил электрический ток через проволочную катушку с железным сердечником внутри нее и обнаружил, что сердечник стал магнитным". Это, конечно, факт, если я не ошибаюсь каким-либо образом. Однако, если я спокоен, если не слишком темно в комнате и если никто не задумал сыграть со мной шутку, сделав что-то с прибором, тогда я могу установить в качестве фактического наблюдения, что этим утром имела место определенная последовательность событий.

Когда мы будем пользоваться словом "факт", мы будем понимать его в смысле единичного

утверждения, чтобы ясно отличить его от утверждений универсальных. Универсальные же утверждения будут называться "законами" и в том случае, когда они столь элементарны, как закон теплового расширения, или даже еще более элементарны, как утверждение: "Все вороны — черные". Я не знаю, является ли это утверждение истинным, но, предполагая его истинным, мы будем называть такое утверждение законом зоологии. Зоологи могут говорить неформально о таких "фактах", как "ворона — черная" или "осьминог имеет восемь конечностей", но в нашей, более точной терминологии все подобные утверждения будут называться "законами". Позже мы будем различать два вида законов — эмпирические и теоретические. Законы простого вида, о которых я только что упоминал, иногда называют "эмпирическими обобщениями", или "эмпирическими законами". Они являются простыми потому, что говорят о свойствах, таких, как черный цвет или магнитные свойства куска железа, которые можно наблюдать непосредственно. Например, закон теплового расширения представляет обобщение, основанное на многих непосредственных наблюдениях тел, которые расширяются при нагревании. В противоположность этому теоретические понятия или понятия о ненаблюдаемых объектах, таких, как элементарные частицы или электромагнитные поля, должны иметь отношение к теоретическим законам. Мы будем обсуждать все это позже. Я упоминаю об этом здесь потому, что иначе вы можете подумать, что примеры, которые я привожу, не охватывают тот вид законов, который вы, возможно, изучали в теоретической физике. Резюмируя, можно сказать, что наука начинается с непосредственных наблюдений отдельных фактов. Ничто, кроме этого, не является наблюдаемым. Конечно, регулярность не наблюдается непосредственно. Она обнаруживается только тогда, когда многие наблюдения сравниваются друг с другом. Эти регулярности выражаются с помощью утверждений, называемых "законами". Какая польза от таких законов? Какой цели они служат в науке и повседневной жизни? На это можно ответить двояко:

законы используются для объяснения фактов, уже известных, и предсказания фактов, еще неизвестных.

Рассмотрим сначала, как законы науки используются для объяснения. Никакое объяснение, то есть ничто заслуживающее почетного титула "объяснение", не может быть дано без обращения по крайней мере к одному закону. (В простых случаях существует только один закон, но в более сложных случаях может затрагиваться совокупность многих законов.) Важно подчеркнуть этот пункт, потому что философы часто утверждают, что они могут объяснить некоторые факты в истории, природе или человеческой жизни каким-то другим способом. Они обычно делают это путем установления некоторого типа факторов или сил, которые объявляются ответственными за появление события, которое должно быть объяснено.

В повседневной жизни это, конечно, знакомая форма объяснения. Пусть кто-то спрашивает: "Почему моих часов нет в комнате, хотя я их оставил на столе, прежде чем выйти из комнаты?"

Вы отвечаете: "Я видел, что Джон вошел в комнату и взял часы". Таково ваше объяснение исчезновения часов. Возможно, оно не будет рассматриваться как достаточное объяснение.

Почему Джон взял часы? Намеревался ли он похитить их или же только взял на время?

Возможно, что он взял их по ошибке, приняв за собственные. На первый вопрос: "Что случилось с часами?" — отвечают утверждением факта: "Джон взял их". На второй вопрос:

"Почему Джон взял их?" — можно ответить с помощью другого факта: "Он взял их на время".

Таким образом, кажется, что мы не нуждаемся в законах вообще. Мы требуем объяснения одного факта и приводим второй факт. Требуя объяснения второго факта, мы приводим третий факт. Дальнейшие объяснения могут потребовать приведения других фактов. Почему же тогда необходимо обращаться к законам, чтобы дать адекватное объяснение факта?

Ответ на этот вопрос заключается в том, что объяснения с помощью фактов в действительности являются замаскированными объяснениями с помощью законов. Когда мы их проанализируем более внимательно, мы обнаружим, что они являются сокращенными, неполными утверждениями, молчаливо предполагающими некоторые законы, но законы эти настолько знакомы, что нет необходимости выражать их (явно). В примере с часами первый ответ: "Джон взял их" — не будет рассматриваться как удовлетворительное объяснение, если мы не будем предполагать существование универсального закона: всякий раз, когда кто-то берет часы со стола, они больше не находятся на нем. Второй ответ: "Джон взял их на время" — есть объяснение, потому что мы принимаем как сам собой разумеющийся общий закон: если кто-то берет на время часы, чтобы использовать их где-то, он забирает и уносит их.

Рассмотрим еще один пример. Мы спрашиваем маленького Томми, почему он кричит, и он объясняет это другим фактом:

"Джимми ударил меня по носу". Почему мы рассматриваем этот ответ как достаточное объяснение? Потому что мы знаем: удар по носу вызывает боль и, когда ребята чувствуют боль, они кричат. Существуют общие психологические законы. Они настолько хорошо известны, что предполагается, что даже маленький Томми их знает, когда он говорит нам, почему кричит. Если бы мы, скажем, имели дело с марсианским ребенком и очень мало знали о марсианских психологических законах, тогда простое утверждение факта не могло бы рассматриваться как адекватное объяснение поведения ребенка. Если бы факты не были связаны друг с другом, по

крайней мере, посредством одного закона, установленного явно или молчаливо подразумеваемого, ^тогда они не обеспечивали бы объяснения...

В науке, как и в повседневной жизни, универсальный закон не всегда устанавливается явно.

Если вы спросите физика:

"Почему этот железный стержень минуту назад точно подходил к аппарату, а теперь не подходит?" — он может ответить так:

"Пока вы выходили из комнаты, я нагрел его". Он предполагает, конечно, что вы знаете закон теплового расширения тел; иначе, чтобы быть понятным, он мог бы добавить: "И всякий раз, когда тело нагревается, оно расширяется". Общий закон существен для такого объяснения.

Однако, если ученому известно, что вы знаете закон, тогда он может не чувствовать необходимости в том, чтобы формулировать закон. По этой причине объяснения — особенно в повседневной жизни, где законы здравого смысла принимаются как сами собой разумеющиеся, — часто кажутся совершенно отличными от той схемы, которую я дал.

Иногда для объяснений приходится применять законы, которые являются скорее статистическими, чем универсальными. В таких случаях мы должны ограничиваться статистическими объяснениями. Например, мы можем знать, что определенные виды грибов слегка ядовиты и вызывают некоторые болезненные симптомы в 90% случаев, когда их едят. Если врач обнаруживает эти симптомы при исследовании пациента, а пациент информирует его, что он вчера ел грибы подобного сорта, тогда врач будет рассматривать этот факт как объяснение симптомов, хотя рассматриваемый при объяснении закон является статистическим. И это действительно есть объяснение.

Даже тогда, когда статистический закон дает только крайне слабое объяснение, оно все же есть объяснение. Например, закон медицинской статистики может констатировать, что у 5% людей, которые ели определенную пищу, возникнут некоторые болезненные симптомы. Если врач ссылается на это в качестве объяснения состояния пациента, у которого обнаружатся такие симптомы, то пациент может остаться неудовлетворенным таким объяснением. "Почему, — скажет он, — я один из этих 5%?" В некоторых случаях врач окажется в состоянии дать дальнейшие объяснения. Он может проверить пациента на аллергию и обнаружить, что у него имеет место аллергия к данной пище. "Если бы я знал это, — скажет он пациенту, — я бы предостерег вас от такой пищи. Мы знаем, что когда люди, имеющие аллергию к данной пище, едят ее, то у 97% из них возникают симптомы, подобные вашим". Это может удовлетворить пациента как более сильное объяснение. Являются ли они сильными или слабыми, но это — подлинные объяснения. При отсутствии известных нам универсальных законов часто единственно доступным типом являются статистические объяснения.

В только что приведенном примере статистические законы есть наилучшее, что может быть установлено, так как не существует достаточных медицинских знаний, гарантирующих установление универсального закона. Статистические законы в экономике и других областях общественных наук обязаны своим появлением подобному недостатку знания. Наше ограниченное знание психологических законов, основывающихся на физиологических законах, которые, в свою очередь, могут основываться на физических законах, приводит к необходимости формулировать законы общественных наук в статистических терминах. В квантовой теории мы встречаемся, однако, со статистическими законами, которые могут не быть результатом незнания. Они могут выражать основную структуру мира. Известный принцип неопределенности Гейзенберга представляет хорошо знакомый пример такого рода. Многие физики считают, что все законы физики в конечном счете основываются на фундаментальных законах, которые по своему характеру являются статистическими. Если бы дело обстояло так, то мы ограничивались бы объяснениями, основывающимися на статистических законах...

Законы логики и чистой математики благодаря самой их природе не могут быть использованы в качестве основы для научного объяснения, потому что они ничего не говорят нам о том, что отличало бы действительный мир от некоторого другого возможного мира.

Когда мы требуем объяснения факта, частного наблюдения в действительном мире, мы должны использовать эмпирические законы. Они не обладают достоверностью логических и математических законов, но они говорят нам нечто о структуре мира.

В девятнадцатом веке некоторые немецкие физики, такие, как Густав Кирхгофф и Эрнст Мах, говорили, что наука должна спрашивать не "почему?", а "как?". Они имели в виду, что наука не должна искать метафизических агентов, ответственных за некоторые события, а должна только описывать такие события в терминах законов. Такое запрещение спрашивать "почему?" должно быть понятно в его историческом плане. Его предпосылкой была немецкая философская атмосфера того времени, в которой доминировал идеализм в традиции Фихте, Шеллинга и Гегеля. Эти люди чувствовали, что описание того, как мир функционирует, было недостаточным. Они хотели более полного понимания, которое, как они верили, могло быть получено только посредством нахождения метафизических причин, стоящих за явлениями и недостижимых научным методом. Физики отвечали им следующим образом: "Не спрашивайте нас "почему?". Не существует никакого ответа, кроме того, который дают эмпирические законы". Они возражали против вопросов "почему?", так как обычно эти вопросы были метафизическими.

Сейчас философская атмосфера изменилась. В Германии очень немного философов, продолжающих работать в идеалистической традиции, а в Англии и Соединенных Штатах Америки они практически исчезли. В результате мы больше не беспокоимся относительно вопросов "почему?". Мы не должны говорить "не спрашивайте нас "почему?", так как теперь, когда кто-то спрашивает "почему?", мы полагаем, что он понимает вопрос в научном, неметафизическом смысле. Он просто просит нас объяснить нечто в рамках эмпирических законов.

Когда я был молод и участвовал в Венском кружке 43, некоторые из моих ранних публикаций были написаны в качестве реакции на философский климат немецкого идеализма. Вследствие этого мои публикации, как и публикации других участников кружка, были полны утверждений запрещающего характера, подобных тем, которые я только что обсуждал. Эти запрещения должны быть поняты с учетом той исторической ситуации, в которой мы находились. Сейчас, особенно в Соединенных Штатах Америки, мы редко делаем такие запрещения. Оппоненты, с которыми мы встречаемся здесь, совершенно другого склада, и характер их возражений часто определяет способ, с помощью которого они выражают свои взгляды.

Когда мы говорим, что для объяснения данного факта необходимо использовать научный закон, мы желаем прежде всего исключить ту точку зрения, согласно которой метафизические агенты должны быть найдены раньше, чем сам факт может быть адекватно объяснен. В донаучные эпохи это был, конечно, обычный тип объяснения. В те времена мир представлялся населенным духами или демонами, которые непосредственно не наблюдались, но которые своими действиями вызывали дождь, наводнение, удар молнии. Что бы ни случилось, там было нечто — или, скорее, нечто, — ответственное за событие. Психологически это понятно. Если человек делает мне что-то, что мне не нравится, для меня естественно сделать его ответственным за это, рассердиться на него и нанести ответный удар. Если туча поливает меня водой, я не могу повлиять на тучу, но могу найти выход моему гневу, если сделаю тучу или некоего невидимого демона, скрытого за нею, ответственным за дождь. Я могу выкрикивать проклятия демону, грозить ему кулаком. Мой гнев утихнет. Я почувствую себя лучше. Легко понять, какое психологическое удовлетворение находили люди в донаучных обществах, воображая некие силы позади явлений природы.

Со временем, как мы знаем, общества отказались от своей мифологии, но иногда ученые заменяют духов факторами, которые в действительности мало от них отличаются. Немецкий философ Ганс Дриш, который умер в 1941 году, написал много книг о философии науки. В начале своей деятельности он был выдающимся биологом, известным своими работами о некоторых реакциях организмов, включая регенерацию морских ежей... Но Дриш интересовался также философскими вопросами, в частности теми, которые имеют отношение к основаниям биологии, поэтому, возможно, он и стал профессором философии. В области философии он также создал ряд блестящих работ, но в его философии был один аспект, который я и мои друзья по Венскому кружку не ценили столь высоко. Это был его способ объяснения таких биологических процессов, как регенерация и репродукция.

В то время, когда Дриш проводил свои биологические исследования, считалось, что многие характеристики живых тел не могут быть найдены нигде, кроме них (сегодня яснее видно, что существует непрерывная связь между органическим и неорганическим миром). Он хотел объяснить эти уникальные черты организмов, поэтому постулировал то, что называл "энтелехией". Этот термин был введен Аристотелем, который придавал ему другое значение, но нам нет необходимости обсуждать это значение здесь. Дриш, в сущности, утверждал: "Энтелехия есть некоторая специфическая сила, которая заставляет живые тела вести себя так, как они себя ведут. Но вы не должны думать о ней как о физической силе, такой, как гравитация или магнетизм. О, нет, ничего подобного".

Энтелехия организмов, утверждал Дриш, имеет различные виды, зависящие от стадии эволюции организмов. В простейших, одноклеточных организмах энтелехия сравнительно проста. По мере того, как мы поднимаемся по эволюционной лестнице от растений к низшим животным, от них — к высшим животным и, наконец, к человеку, энтелехия становится все более и более сложной. Это обнаруживается в значительной степени в том, как явления объединяются в высшие формы жизни. То, что мы называем "разумом" человеческого тела, в действительности есть не что иное, как часть энтелехии человека. Энтелехия представляет собой значительно большее, чем разум, или по крайней мере большее, чем сознательный разум, потому что она ответственна за все то, что каждая клетка делает в теле. Если я порежу палец, клетки пальца образуют новую ткань и доставят к месту пореза вещества, которые будут убивать приходящие бактерии. Эти явления сознательно не управляются разумом. Они встречаются и в пальце одномесячного ребенка, который никогда не слышал о законах физиологии. Все это, настаивал Дриш, обязано энтелехии организма, одним из проявлений которой является разум. Поэтому дополнительно к научному объяснению Дриш разработал теорию энтелехии, которую он предложил в качестве философского объяснения таких научно необъяснимых явлений, как регенерация частей морских ежей.

Является ли это объяснением? Я и мои друзья имели с Дришем несколько дискуссий об этом.

...Его теории энтелехии, как нам казалось, не хватало чего-то.

Этот недостаток заключался в непонимании того, что никакое научное объяснение не может быть дано без привлечения законов.

Мы говорили ему: "Ваша энтелехия — мы не знаем, что вы понимаете под ней. Вы говорите, что она не является физической силой. Что же тогда она есть?"

"Хорошо,— мог он ответить (я, конечно, перефразирую его слова),— вы не должны так узко мыслить. Когда вы просите физика объяснить, почему этот гвоздь движется вдруг к железному бруску, он скажет вам, что брусок намагничен и гвоздь притягивается силой магнетизма. Но никто даже не видел магнетизма. Вы видите только движение маленького гвоздя к железному бруску".

Мы соглашаемся: "Да, вы правы. Никто не видел магнетизма".

"Вот видите,— продолжает он,— физик вводит силы, которые никто не может наблюдать,— силы, подобные магнетизму и электричеству, чтобы объяснить некоторые явления. Я хочу того же самого. Физические силы неадекватно объясняют некоторые органические явления, поэтому я ввожу нечто подобное силам, но не физические силы, потому что они действуют иначе. Например, они пространственно не локализованы. Верно, что они действуют на физический организм, но их действие распространяется на весь организм, а не только на его отдельные части. Следовательно, вы не можете сказать, где они локализованы. Здесь не существует локализации. Хотя это и не физические силы, но я так же законно ввожу их, как физик вводит невидимую силу магнетизма".

Мы отвечали, что физик не объясняет движения гвоздя к бруску посредством простого введения слова "магнетизм". Конечно, если вы спросите его, почему гвоздь движется, то он может сначала ответить, что это явление обязано магнетизму. Но если вы будете настаивать на более полном объяснении, то он может сослаться на закон. Законы могут не выражаться в количественных терминах, подобно уравнениям Максвелла, которые описывают магнитные поля. Они могут быть простыми, качественными законами, в которых не встречаются никакие числа. Физик может сказать: "Все гвозди, содержащие железо, притягиваются концом бруска, который был намагничен". Он может продолжить объяснение состояния намагниченности, сославшись на другие неколичественные законы. Он может рассказать вам, что железная руда из города Магнесии (вы можете вспомнить, что слово "магнит" происходит от греческих слов, означающих буквально "камень из Магнесии", где впервые была обнаружена железная руда такого сорта) обладает этим свойством. Он может объяснить, что железные бруски становятся магнитными, если они каким-либо способом соприкасаются с естественной магнитной рудой. Он может привести вам другие законы относительно условий, при которых некоторые вещества становятся магнитными, и законы, относящиеся к явлениям, связанным с магнетизмом. Он может рассказать вам о том, что если вы намагнитите иглу и подвесите ее за середину так, чтобы она двигалась свободно, то один ее конец укажет север. Если вы имеете другую магнитную иглу, то вы можете свести вместе два северных полюса и заметить, что они не притягиваются, а отталкиваются друг от друга. Физик может объяснить вам, что если вы нагреете магнитный железный брусок или ударите его, то он утратит свою магнитную силу. Все это — качественные законы, которые могут быть выражены в логической форме "если..., то". Пункт, который я хочу подчеркнуть, состоит в следующем: для научного объяснения недостаточно вводить просто новые факторы, давая им новые имена. Вы должны также ссылаться на законы.

Дриш не обращается к законам. Он не определяет, чем энтелехия дуба отличается от энтелехии козла или жирафа. Он не классифицирует свои энтелехии. Он просто классифицирует организмы и говорит, что каждый организм имеет свою собственную энтелехию...

Поскольку понятие энтелехии не дает нам нового закона, оно не объясняет больше, чем уже известные универсальные законы. По крайней мере, оно не помогает нам делать новые предсказания. По этим причинам мы не можем сказать, что оно увеличивает наши научные знания. Сначала может показаться, что понятие энтелехии что-то добавляет к нашему научному объяснению, но когда мы исследуем его глубже, мы увидим его пустоту. Она есть псевдообъяснение.

Могут возразить, что понятие энтелехии не является бесполезным, если оно обеспечивает биологу новую ориентацию, новый метод упорядочения биологических законов. Мы можем на это ответить, что оно действительно будет полезным, если с его помощью может быть сформулирован более общий закон, чем законы, сформулированные ранее. В физике, например, такую роль играет понятие энергии. Физики девятнадцатого столетия предполагали, что некоторые явления, такие, как кинетическая и потенциальная энергия в механике, теплота (это было до открытия, что теплота есть просто кинетическая энергия молекул), энергия магнитного поля и т. д., могут быть проявлением одного основного вида энергии. Это привело к экспериментам, показавшим, что механическая энергия может быть преобразована в теплоту, а теплота в механическую энергию, но при этом величина энергии остается постоянной. Таким образом, понятие энергии оказалось плодотворным понятием, потому что оно привело к более общему закону, такому, как закон сохранения энергии. В этом смысле понятие энтелехии Дриша

было бесплодным. Оно не привело к открытию более общих биологических законов. В дополнение к тому, что законы науки обеспечивают объяснение наблюдаемых фактов, они служат также средством предсказания новых фактов, которые еще не наблюдались... В большинстве случаев неизвестные факты в действительности оказываются будущими событиями (например, астроном предсказывает время следующего солнечного затмения). Вот почему я использую термин "предсказание" для этого второго способа применения законов. Однако нет необходимости в том, чтобы предсказание понималось в буквальном смысле. Во многих случаях неизвестные факты являются одновременно и известными фактами, как в примере с нагретым стержнем. Расширение стержня происходит одновременно с его нагреванием. Только мы наблюдаем это расширение после нагревания. В других случаях неизвестные факты могут даже относиться к прошлому. На основе психологических законов и некоторых фактов, извлеченных из исторических документов, историк делает заключение о некоторых неизвестных фактах истории. Астроном может вывести заключение, что лунное затмение должно было произойти в определенное время в прошлом. Геолог на основании бороздчатости валунов может сделать заключение, что некогда в прошлом данная область была покрыта ледником. Я использую термин "предсказание" для всех этих примеров, потому что в каждом случае мы имеем ту же самую логическую схему и ту же ситуацию знания — известный факт и известный закон, из которых выводится неизвестный факт. Во многих случаях соответствующие законы могут быть скорее статистическими, чем универсальными. Тогда предсказание будет только вероятным. Метеоролог, например, имеет дело одновременно с точными физическими законами и различными статистическими законами. Он не может сказать, что завтра будет дождь, он может только сказать, что дождь очень вероятен. Эта неопределенность также характерна для предсказаний человеческого поведения. На основе знания некоторых психологических законов статистического характера и некоторых факторов о данном лице мы можем предсказать с различной степенью вероятности, как он поведет себя. Возможно, мы попросим психолога рассказать нам, какой эффект некоторое событие окажет на нашего ребенка. Он ответит: "Насколько я понимаю ситуацию, ваш ребенок, вероятно, будет реагировать таким-то путем. Конечно, законы психологии не очень точны. Это — молодая наука, и поэтому мы еще очень мало знаем о ее законах. Но на основе того, что я знаю, я рекомендую, чтобы вы планировали..." И, таким образом, он дает нам совет, основанный на наилучшем предсказании, которое он может сделать о будущем поведении нашего ребенка, руководствуясь вероятностными законами. Когда закон является универсальным, тогда для заключений о неизвестных фактах используется элементарная дедуктивная логика. Если закон является статистическим, мы должны использовать другую логику — логику вероятности. Приведем простой пример: закон устанавливает, что 90% постоянных жителей определенной области имеют черные волосы. Я знаю, что индивид — постоянный житель области, но я не знаю цвета его волос. Я могу, однако, заключить на основе статистического закона, что вероятность того, что он имеет черные волосы, равна 9/10. Предсказание существовадно, конечно, как в повседневной жизни, так и в науке. Даже большинство тривиальных действий, которые мы осуществляем в течение дня, основывается на предсказаниях. Вы поворачиваете дверную ручку. Вы делаете так потому, что прошлые факты вместе с универсальным законом заставляют вас верить, что при поворачивании ручки дверь откроется. Вы можете не сознавать относящуюся сюда логическую схему (несомненно, вы думаете о других вещах), но все такие преднамеренные действия предполагают схему. На основе знания специфических фактов и познания определенных регулярностей, которые могут быть выражены как универсальные и статистические законы, обеспечивается база для предсказания неизвестных фактов. Предсказание входит в каждый акт человеческого поведения, который включает преднамеренный выбор. Без этого как наука, так и повседневная жизнь будут невозможными...

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД

Одна из наиболее важных отличительных черт современной науки в сравнении с наукой раннего периода состоит в подчеркивании того, что называют "экспериментальным методом". Как мы уже видели, все эмпирическое познание в конечном счете основывается на наблюдениях, но эти наблюдения могут быть получены двумя существенно отличными способами. В неэкспериментальных ситуациях мы играем пассивную роль. Мы просто смотрим на звезды или на некоторые цветы, замечаем сходства и различия и пытаемся обнаружить регулярности, которые могут быть выражены как законы. В экспериментальных исследованиях мы играем активную роль. Вместо того чтобы быть случайными зрителями, мы что-то делаем для получения лучших результатов, чем те, которые мы получаем путем простого наблюдения явлений природы. Вместо того чтобы ждать, когда природа обеспечит нам ситуацию для

наблюдения, мы пытаемся создать такую ситуацию. Короче, мы делаем эксперименты. Экспериментальный метод продемонстрировал свою громадную плодотворность. Огромный прогресс, достигнутый в физике в последние два столетия и особенно в последние несколько десятилетий, был бы невозможен без экспериментального метода. В таком случае можно спросить, почему экспериментальный метод не используется во всех областях науки? В некоторых областях его не так легко использовать, как в физике. В астрономии, например, мы не можем сообщить планете толчок в некотором другом направлении и посмотреть, что с ней случится. Астрономические объекты вне пределов досягаемости. Мы можем только наблюдать и описывать их. Иногда астрономы могут в лаборатории создавать условия, подобные, скажем, условиям на поверхности Солнца или Луны, а затем наблюдать, что случится при этих условиях. Но в действительности это есть не астрономический, а физический эксперимент, который имеет лишь некоторое отношение к астрономическому познанию.

Совершенно другие причины препятствуют ученым в области общественных наук производить эксперименты с большими группами людей. Эти ученые производят эксперименты с группами, но обычно это малые группы людей. Если мы хотим узнать, как реагируют люди, когда они не в состоянии получить воду, мы можем взять двух или трех человек, установить им диету без жидкости и наблюдать их реакцию. Но это не покажет нам, как будут реагировать большие общины, когда будет отключено водоснабжение. Было бы интересным экспериментом — отключить водоснабжение, например, Нью-Йорка. Станут ли люди неистовствовать или сделаются апатичными? Попытаются ли они организовать революцию против городского управления? Конечно, никакой ученый в области общественных наук не будет планировать постановку такого эксперимента, потому что он знает, что общество не позволит ему этого. Люди не разрешат ученым играть их насущными нуждами.

Даже тогда, когда по отношению к общине не проявляется никакой действительной жестокости, часто существует сильное общественное противодействие экспериментам с группами людей. Например, в Мексике имеются племена, которые исполняют ритуальные танцы, когда происходит затмение Солнца. Члены этих племен убеждены, что таким путем они могут задобрить бога, который вызывает эти затмения. Наконец свет солнца появляется снова. Предположим, что группа антропологов попытается убедить этих людей, что их ритуальные танцы не имеют никакого отношения к появлению солнца. В этих целях они предложат племени в качестве эксперимента не исполнять танцев во время очередного солнечного затмения и посмотреть, что из этого выйдет. Члены племени возмутятся этим. Для них это будет означать подвергнуть себя риску остаться навсегда в темноте. Они так сильно верят в свою версию, что не захотят подвергаться испытанию. Таким образом, вы видите, что существуют препятствия для экспериментов в общественных науках даже тогда, когда ученые убеждены, что никакой социальной тревоги эти эксперименты не вызовут, если будут осуществлены. В общественных науках ученые ограничиваются в общем тем, что они могут узнать из истории и из экспериментов с индивидами и малыми группами.

Экспериментальный метод особенно плодотворен в тех областях, где существуют количественные понятия, которые могут быть точно измерены. Как ученый планирует эксперимент? Трудно описать общую природу эксперимента, поскольку существует так много его разновидностей, что можно указать только немногие их общие черты.

Прежде всего мы пытаемся определить существенные факторы, относящиеся к явлению, которое хотим исследовать. Некоторые факторы — но не слишком многие — должны быть оставлены в стороне как несущественные. Например, в экспериментах в области механики, где встречаются колеса, рычаги и тому подобные, мы можем не рассматривать трение. Мы знаем, что трение существует, но полагаем, что его влияние слишком мало, чтобы оправдать усложненный эксперимент, который бы учитывал его. Подобным же образом в экспериментах с медленно движущимися телами мы можем игнорировать сопротивление воздуха. Если мы имеем дело с очень высокими скоростями, такими, как сверхзвуковая скорость снаряда, то мы не можем больше игнорировать сопротивление воздуха. Короче, ученый не принимает во внимание только те факторы, влияние которых на его эксперимент, как он полагает, будет незначительным. Иногда, чтобы избежать слишком сложного эксперимента, он даже может игнорировать факторы, которые, как он полагает, могут иметь важный эффект...

В качестве простого примера рассмотрим следующий эксперимент с газом. Мы делаем грубое наблюдение, что температура, объем и давление газа часто изменяются одновременно. Мы хотим знать точно, как эти три величины соотносятся друг с другом. Четвертым существенным фактором будет состав газа, который мы используем. Мы можем произвести эксперимент с другим газом позднее и сначала решаем держать этот фактор постоянным, используя только чистый водород...

Прежде чем приступить к эксперименту, имеющему целью определить, как связаны три фактора — температура, объем и давление,— нам необходимо осуществить некоторые предварительные эксперименты, чтобы быть уверенными, что не существует никаких других существенных факторов. Мы можем подозревать, что некоторые факторы будут существенными, а некоторые — нет. Например, является ли существенной форма сосуда, содержащего газ? Мы знаем, что в

некоторых экспериментах (например, при распределении электрического заряда и его поверхностного потенциала) форма предмета имеет важное значение. Здесь же нетрудно определить, что форма сосуда несущественна, важен только его объем.

Мы можем использовать наше знание природы, чтобы исключить многие другие факторы. Астролог может войти в лабораторию и спросить: "Вы проверили, как сегодня расположены планеты? Их положение может иметь некоторое влияние на ваш эксперимент". Мы рассматриваем это как несущественный фактор, ибо полагаем, что планеты находятся слишком далеко, чтобы оказать такое влияние.

Наше предположение о несущественности влияния планет является верным, но было бы ошибкой думать, что мы можем автоматически исключить различные факторы просто потому, что, как мы полагаем, они не оказывают никакого влияния на процесс. Не существует никакого способа убедиться в этом, пока не будут проведены экспериментальные испытания. Вообразите, что вы живете до изобретения радио. Кто-то ставит на ваш стол ящик и говорит вам о том, что если кто-либо поет в некотором месте на расстоянии тысячи миль отсюда, то вы услышите, как прибор в этом ящике исполняет точно ту же самую песню, в том же самом тоне и ритме.

Поверите ли вы этому? Вероятно, вы ответите: "Невозможно. Не существует никаких электрических проводов, связанных с этим ящиком. Из моего опыта я знаю, что ничто происходящее за тысячу миль отсюда не может иметь какого-либо влияния на происходящее в этой комнате".

Это точно то же самое рассуждение, посредством которого мы пришли к выводу, что положение планет не может влиять на наш эксперимент с водородом! Очевидно, мы должны быть очень осторожными. Иногда существуют воздействия, о которых мы не можем знать, пока они не обнаружены. По этой причине самый первый шаг в нашем эксперименте, определяющий существенные факторы, иногда является трудным. Кроме того, этот шаг часто явно не указывается в отчетах об исследованиях. Ученый описывает только приборы, которые он использует, эксперимент, который осуществляет, и то, что он открывает в отношениях между некоторыми величинами. Он не добавляет к этому: "И кроме того, я обнаружил, что такие-то факторы не оказывают влияния на результат". В большинстве случаев, когда область, в которой происходят исследования, достаточно известна, ученый будет считать само собой разумеющимся, что другие факторы являются несущественными. Он может быть совершенно прав, но в новых областях следует быть крайне осторожным. Конечно, никто не будет считать, что на лабораторный эксперимент может повлиять то обстоятельство, смотрим ли мы на приборы с расстояния в десять дюймов или десять футов, или же находимся ли мы в добром или дурном расположении духа. Эти факторы, вероятно, несущественны, но абсолютно быть уверенными в этом мы не можем. Если кто-то подозревает, что эти факторы существенны, то должен быть проведен эксперимент, исключающий их.

Практические соображения будут удерживать нас, конечно, от испытания каждого фактора, который может быть существенным. Могут быть испытаны тысячи маловероятных возможностей, но просто не будет времени, чтобы исследовать их все. Мы должны руководствоваться здравым смыслом и уточнять свои предположения, только если случится нечто неожиданное, заставляющее нас рассматривать в качестве существенного фактор, который мы прежде игнорировали. Будет ли цвет листьев на деревьях вне лаборатории влиять на длину волны света, который мы используем в эксперименте? Будут ли части прибора функционировать иначе в зависимости от того, находится ли их законный владелец в Нью-Йорке или Чикаго, или же в зависимости от его отношения к эксперименту? Очевидно, что мы не имеем времени, чтобы испытать такие факторы. Мы предполагаем, что духовное состояние владельца оборудования не имеет никакого физического влияния на эксперимент, но члены некоторых племен могут думать иначе. Они могут верить в то, что боги будут помогать эксперименту, если владелец прибора хочет, чтобы эксперимент был осуществлен, и не будут, если собственник этого не хочет. Существующие верования могут, таким образом, влиять на то, что считать существенным. В большинстве случаев ученый, размышляя о проблеме, делает обычные догадки о том, какие факторы заслуживают рассмотрения, и, возможно, даже осуществит несколько предварительных экспериментов, чтобы исключить факторы, в которых он сомневается.

Предположим, что мы решили, что существенными факторами в нашем эксперименте с водородом являются температура, давление и объем. В нашем сосуде состав и общее количество газа остаются теми же самыми, потому что мы держим сосуд закрытым. Мы свободны, таким образом, в проверке отношения между тремя факторами. Если мы поддерживаем постоянную температуру, но увеличиваем давление, тогда мы обнаруживаем, что объем изменяется обратно пропорционально давлению, то есть если мы удвоим давление, то объем уменьшится на половину прежней величины. Если мы утроим давление, то объем уменьшится на одну треть. Этот известный эксперимент был осуществлен в семнадцатом столетии ирландским физиком Робертом Бойлем. Закон, который он открыл, известный как закон Бойля, утверждает, что если температура газа в замкнутом сосуде остается постоянной, то произведение объема на давление есть константа.

Затем мы сохраняем постоянным давление (помещая тот же самый груз на поршень), но

изменяем температуру. Тогда мы обнаруживаем, что объем увеличивается, когда газ нагревается, и уменьшается, когда газ охлаждается. Путем измерения объема и температуры мы найдем, что объем пропорционален температуре. (Эту зависимость иногда называют законом Шарля в честь французского ученого Жака Шарля.) Мы должны позаботиться о том, чтобы не использовать при измерении ни шкалу Фаренгейта, ни Цельсия, а взять шкалу, в которой нуль является "абсолютным нулем" или равен -273° шкалы Цельсия. Это — "абсолютная шкала", или "шкала Кельвина", введенная лордом Кельвином, английским физиком девятнадцатого века. Теперь легко приступить к экспериментальной верификации общего закона, охватывающего все три фактора. Такой закон фактически предполагается двумя законами, которые мы уже получили, но общий закон имеет большее эмпирическое содержание, чем два закона, взятые вместе. Этот общий закон утверждает, что если количество газа в замкнутом сосуде остается постоянным, то произведение давления на объем равно произведению температуры на $R(P \cdot V = T \cdot R)$. В этом уравнении R представляет константу, которая меняется в зависимости от количества взятого газа. Таким образом, этот общий закон выражает отношение между всеми тремя величинами и является более эффективным для предсказаний, чем два других объединенных закона. Если мы знаем значения любых двух из трех переменных величин, тогда мы можем легко предсказать третью.

Этот пример простого эксперимента показывает, как можно сохранить некоторые факторы постоянными, чтобы исследовать зависимости, существующие между другими факторами. Он также показывает — и это очень важно — плодотворность количественных понятий. Законы, определяемые с помощью этого эксперимента, предполагают умение измерять различные величины. Если бы это было не так, тогда пришлось бы сформулировать законы качественным образом. Такие законы будут значительно слабее и менее полезны для предсказаний. Без численных значений для давления, объема и температуры самое большее, что можно сказать об одной из величин, — это то, что она остается той же самой, или увеличивается, или уменьшается. Так, мы могли бы сформулировать закон Бойля следующим образом: если температура газа в замкнутом сосуде остается той же самой, а давление увеличивается, тогда объем будет уменьшаться. Когда давление уменьшается, объем увеличивается. Это, конечно, закон. Некоторым образом он даже похож на закон Бойля, но он, однако, значительно слабее его, потому что не дает нам возможности предсказать значение величины. Мы можем предсказать только то, что величина будет возрастать, уменьшаться или останется постоянной... Мы видим, следовательно, как мало можно было бы сделать предсказаний и какими грубыми были бы объяснения, если бы наука ограничивалась качественными законами. Количественные законы в огромной степени превосходят их. Для таких законов мы должны, разумеется, иметь количественные понятия...

ТЕОРИИ И НАБЛЮДАЕМЫЕ (ВЕЛИЧИНЫ)

Одним из наиболее важных различий между двумя типами законов в науке является различие между тем, что может быть названо (не существует никакой общепринятой терминологии для них) эмпирическими законами и теоретическими законами. Эмпирические законы представляют собой законы, которые могут быть подтверждены непосредственно эмпирическими наблюдениями. Термин "наблюдаемое" часто употребляется для любых явлений, которые могут восприниматься непосредственно, поэтому мы можем сказать, что эмпирические законы являются законами о наблюдаемых.

Здесь следует сделать предостережение. Философы и естествоиспытатели совершенно различным образом употребляют термины "наблюдаемое" и "ненаблюдаемое". Для философа "наблюдаемое" имеет очень узкое значение. Оно применяется к таким свойствам, как "синий", "твердый", "горячий". Такие свойства непосредственно воспринимаются чувствами. Для физика "наблюдаемое" имеет более широкое значение. Оно относится ко всем количественным величинам, которые могут быть измерены сравнительно простым, непосредственным путем. Философ не будет, вероятно, рассматривать температуру в 80° или вес в $93\frac{1}{2}$ г фунта как наблюдаемые величины, поскольку невозможно непосредственное восприятие таких величин с помощью органов чувств. Для физика обе величины — наблюдаемые, потому что они могут быть измерены крайне простым путем. Тело может быть взвешено на весах. Температура измеряется термометром. Однако физик не скажет, что масса молекулы, не говоря уже о массе электрона, есть что-то наблюдаемое, потому что здесь процедура измерения является гораздо более сложной и косвенной. Но величины, которые могут быть найдены с помощью относительно простых процедур — длина с помощью линейки, время — часов, частота световых волн — спектроскопа, — называются наблюдаемыми.

Философ может возразить, что сила электрического тока фактически не наблюдается: наблюдается только положение стрелки прибора. Амперметр включают в цепь и замечают, что его стрелка показывает отметку 5,3. Разумеется, сама сила тока при этом не наблюдается. Она выводится на основе того, что наблюдалось.

Физик ответит, что все это довольно справедливо, но вывод здесь был не очень сложным. Сама

процедура измерения настолько проста, так хорошо установлена, что не может быть сомнения в том, что амперметр обеспечит точное измерение силы тока. Следовательно, эта величина войдет в число тех, которые называются наблюдаемыми.

Здесь не может быть вопроса о том, какое употребление термина "наблюдаемое" является правильным или законным. Существует континуум, который начинается с непосредственных чувственных наблюдений и затем переходит к значительно более сложным, косвенным методам наблюдений. Очевидно, что в этом континууме нельзя провести никакой резкой разграничительной линии; все дело только в степени. Философ уверен в том, что он непосредственно воспринимает голос своей жены, находящейся в соседней комнате. Но допустим, что он слушает ее по телефону. Воспринимает ли он ее голос непосредственно? Физик, конечно, будет говорить, что, когда он рассматривает что-либо через обычный микроскоп, он воспринимает это непосредственно. Относится ли это также к тому случаю, когда он рассматривает предмет через электронный микроскоп? Наблюдает ли он путь частицы, когда рассматривает треки ее в пузырьковой камере? В общем, физик говорит о наблюдаемых в очень широком смысле в сравнении с узким смыслом, который имеет в виду философ, но в обоих случаях линия, отделяющая наблюдаемое от ненаблюдаемого, в значительной мере произвольна. Это следует иметь в виду всякий раз, когда эти термины встречаются в книгах, написанных философом или естествоиспытателем. Отдельные авторы будут проводить эту границу там, где это наиболее удобно в зависимости от своей точки зрения, и не существует никаких оснований, почему они не должны иметь такой привилегии.

Эмпирические законы, в моей терминологии, представляют собой законы, которые содержат либо непосредственно наблюдаемые термины, либо измеряемые сравнительно простой техникой. Иногда такие законы называют эмпирическими обобщениями, когда вспоминают, что они получаются путем обобщения результатов, обнаруживаемых посредством наблюдений и измерений. Сюда относятся не только простые качественные законы (такие, как "все вороны— черные"), но также количественные законы, возникающие из простых измерений. Законы, связывающие давление, объем и температуру газов, принадлежат к этому типу. Закон Ома, связывающий разность электрических потенциалов, сопротивление и силу тока, является другим знакомым примером. Ученый делает повторные измерения, находит некоторые регулярности и выражает их в законе. Все эти законы являются эмпирическими законами. Как указывалось в ранних главах, они используются для объяснения наблюдаемых фактов и предсказания будущих наблюдаемых событий.

Не имеется никакого общепринятого термина для второго вида законов, которые я называю теоретическими законами. Иногда их называют абстрактными или гипотетическими законами. Термин "гипотетический", вероятно, не подходит сюда, поскольку он предполагает, что различие между двумя типами законов основывается на степени, с которой эти законы могут быть подтверждены. Но эмпирические законы, когда они являются рабочими гипотезами, подтверждаемыми только в незначительной степени, все же будут оставаться эмпирическими законами, хотя и можно будет сказать, что они имеют скорее гипотетический характер. Теоретические законы отличаются от эмпирических не тем, что недостаточно хорошо установлены, а тем, что содержат термины другого рода. Термины теоретических законов не относятся к наблюдаемым величинам даже тогда, когда принимается предложенное физиком широкое значение для того, что может быть наблюдаемо. Они являются законами о таких объектах, как молекулы, атомы, электроны, протоны, электромагнитные поля и другие, которые не могут быть измерены простым, непосредственным способом.

Если существует статическое поле обширных размеров, которое не изменяется от точки к точке, физик назовет его наблюдаемым, потому что оно может быть измерено простым прибором. Но если поле изменяется от точки к точке на очень малых расстояниях или же очень быстро во времени, может быть миллиарды раз в секунду, тогда оно не может быть непосредственно измерено с помощью простой техники. Физик не назовет такое поле наблюдаемым. Иногда физик будет отличать наблюдаемое от ненаблюдаемого именно таким образом. Если величина остается той же самой в пределах достаточно большого расстояния или довольно большого интервала времени, так что для непосредственного измерения величины может быть применен прибор, тогда она называется макрособытием. Если величина изменяется в границах таких крайне малых интервалов пространства и времени, что она не может быть непосредственно измерена прибором, тогда она будет называться микрособытием. (Прежние авторы употребляли термины "микроскопический" и "макроскопический", но сейчас многие авторы сокращают эти термины до "микро" и "макро".)

Микропроцесс представляет собой просто процесс, охватывающий крайне малые интервалы пространства и времени. Например, таким процессом является колебание электромагнитных волн видимого света. Никаким инструментом нельзя непосредственно измерить, как изменяется его интенсивность. Иногда проводится параллель между макро- и микропонятиями и наблюдаемыми и ненаблюдаемыми величинами. Хотя в точности это не то же самое, но приблизительно они совпадают. Теоретические законы относятся к ненаблюдаемым величинам, которые очень часто характеризуют микропроцессы. Если это имеет место, то законы иногда

называют микрзаконами. Я употребляю термин "теоретический закон" в более широком смысле, чем упомянутый, чтобы охватить все те законы, которые содержат ненаблюдаемые величины независимо от того, являются ли они микро- или макропонятиями. Верно, что понятия "наблюдаемое" и "ненаблюдаемое", как отмечалось раньше, нельзя точно ограничить, поскольку они расположены на континууме. Однако на практике это различие обычно достаточно четко выражено, поэтому, вероятно, не вызовет спора. Все физики согласятся, что законы, связывающие давление, объем и температуру газа, являются эмпирическими законами. Здесь количество газа будет достаточно велико, чтобы величины, которые должны быть измерены, оставались постоянными в пределах достаточно большого объема пространства и периода времени. Это позволяет произвести простые измерения, которые впоследствии можно обобщить в законы. Все физики будут согласны в том, что законы о поведении отдельных молекул являются теоретическими. Такие законы относятся к микропроцессам, обобщения о которых не могут основываться на простых, непосредственных измерениях.

Теоретические законы являются, конечно, более общими, чем эмпирические. Важно понять, однако, что к теоретическим законам нельзя прийти, если просто взять эмпирические законы, а затем обобщить их на несколько ступеней дальше. Как физик приходит к эмпирическому закону? Он наблюдает некоторые события в природе, подмечает определенную регулярность в их протекании, описывает эту регулярность с помощью индуктивного обобщения. Можно предположить, что он сможет теперь собрать эмпирические законы в одну группу, заметить некоторого рода схему, сделать более широкое индуктивное обобщение и прийти к теоретическому закону. Но это происходит не так.

Чтобы разъяснить это, предположим, наблюдают, что железный брусок расширяется, когда он нагревается. После того как эксперимент повторяется многократно и всегда с тем же самым результатом, эта регулярность обобщается с помощью утверждения, что этот брусок расширяется, когда он нагревается. На основе этого устанавливается эмпирический закон, хотя он имеет узкую область применения и относится только к одному определенному бруску железа.

Затем проводятся испытания с другими железными предметами, и впоследствии обнаруживается, что каждый раз, когда железный предмет нагревается, он расширяется. Это позволяет сформулировать более общий закон, а именно: все железные тела расширяются, когда они нагреваются. Подобным же образом устанавливаются еще более общие законы: "Все металлы...", затем: "Все твердые тела...". Все они являются простыми обобщениями, каждый последующий имеет несколько более общий характер, чем предыдущий, но все представляют эмпирические законы. Почему? Потому что в каждом случае объекты, с которыми имеют дело, являются наблюдаемыми (железо, медь, металл, твердые тела). В каждом случае увеличение температуры и длины измеряется непосредственно, простой процедурой.

В противоположность этому теоретический закон, относящийся к такому процессу, будет касаться поведения молекул в железном бруске. Каким образом движение молекул связывается с расширением бруска, когда он нагревается? Вы видите сразу же, что мы говорим теперь о ненаблюдаемом. Мы должны ввести теорию — атомную теорию материи — и тотчас же перейти к атомным законам, содержащим понятия, радикально отличающиеся от тех, с которыми мы имели дело раньше. Верно, что эти теоретические понятия отличаются от понятий длины и температуры только по степени, с которой они прямо или косвенно наблюдаются, но различие это настолько значительно, что у нас не возникает сомнения в коренном отличии характера теоретических законов, которые должны быть сформулированы.

Теоретические законы относятся к эмпирическим законам в какой-то мере аналогично тому, как эмпирические законы относятся к отдельным фактам. Эмпирический закон помогает объяснить факт, который уже наблюдался, и предсказать факт, который еще не наблюдался. Подобным же образом теоретический закон помогает объяснить уже сформулированные эмпирические законы и позволяет вывести новые эмпирические законы. Так же как отдельные, единичные факты должны занять свое место в упорядоченной схеме, когда они обобщаются в эмпирический закон, так и единичные и обособленные эмпирические законы приспособляются к упорядоченной схеме теоретического закона. Это выдвигает одну из основных проблем методологии науки. Как может быть получено то знание, которое служит для обоснования теоретического закона? Эмпирический закон может быть обоснован посредством наблюдения отдельных фактов. Но для обоснования теоретического закона соответствующие наблюдения не могут быть сделаны, потому что объекты, относящиеся к таким законам, являются ненаблюдаемыми...

Как могут быть открыты теоретические законы? Мы можем сказать: "Будем собирать все больше и больше данных, затем обобщим их за пределы эмпирических законов, пока не придем к теоретическим законам". Однако никакой теоретический закон не был когда-либо основан таким образом. Мы наблюдаем камни, и деревья, и цветы, замечаем различные регулярности и описываем их с помощью эмпирических законов. Но независимо от того, как долго и тщательно мы наблюдаем такие вещи, мы никогда не достигнем пункта, когда мы сможем наблюдать молекулу. Термин "молекула" никогда не возникнет как результат наблюдений. По этой причине

никакое количество обобщений из наблюдений не может дать теории молекулярных процессов. Такая теория должна возникнуть иным путем. Она выдвигается не в качестве обобщения фактов, а как гипотеза. Затем эта гипотеза проверяется методами, в определенной мере аналогичными методам проверки эмпирических законов. Из гипотезы выводятся некоторые эмпирические законы, и эти законы, в свою очередь, проверяются путем наблюдения фактов. Возможно, что эмпирические законы выводятся из теории, уже известной и хорошо подтвержденной (такие законы могут даже побудить сформулировать теоретические законы). Независимо от того, являются ли выводные эмпирические законы известными и подтвержденными или же новыми законами, подтвержденными новыми наблюдениями, подтверждение таких выводных законов обеспечивает косвенное подтверждение теоретическому закону.

Здесь должно быть разъяснено следующее. Ученый не начинает с одного эмпирического закона, скажем с закона Бойля для газов, и затем ищет теорию о молекулах, из которой этот закон может быть выведен. Он пытается сформулировать значительно более общую теорию, из которой можно будет вывести множество разнообразных эмпирических законов. Чем больше будет таких законов, чем более разнообразными и неочевидно связанными друг с другом они будут, тем эффективнее теория, которая будет объяснять их. Некоторые из этих выводных законов могли быть известными раньше, но теория может также сделать возможным выведение новых эмпирических законов, которые могут быть подтверждены с помощью новых проверок. Если это имеет место, тогда можно будет сказать, что теория обеспечивает возможность предсказания новых эмпирических законов. Предсказание понимается в гипотетическом смысле. Если теория действительна, тогда будут действительными также определенные эмпирические законы. Предсказанный эмпирический закон говорит об отношениях между наблюдаемыми величинами, так что возникает новая возможность производить эксперименты и убедиться, что эмпирический закон соблюдается. Если эмпирический закон подтверждается, то он обеспечивает косвенное подтверждение закона, эмпирического или теоретического, является, конечно, только частным, но никогда не полным и абсолютным. Но в случае эмпирических законов такое подтверждение является более непосредственным. Подтверждение теоретического закона происходит косвенным образом, потому что оно имеет место только через подтверждение эмпирических законов, выведенных из теории.

Самое важное значение новой теории состоит в ее возможности предсказывать новые эмпирические законы. Верно также, что теория имеет значение и для объяснения известных эмпирических законов, но это представляет меньшую ценность. Если ученый выдвигает новую теоретическую систему, из которой не могут быть выведены новые законы, тогда она логически эквивалентна совокупности всех известных эмпирических законов. Теория может иметь известную элегантность и в известной степени упростить совокупность всех известных законов, хотя, вероятно, это не будет существенным упрощением. С другой стороны, каждая новая теория в физике, приводящая к значительному скачку вперед, будет теорией, из которой могут быть выведены новые эмпирические законы. Если бы Эйнштейн сделал не больше, чем выдвинул свою теорию относительности как изящную новую теорию в физике, которая охватила бы некоторые известные законы (возможно, также и упростила бы их до некоторой степени), тогда его теория не имела бы такого революционного воздействия.

Все было, конечно, совершенно иначе. Теория относительности привела к новым эмпирическим законам, которые впервые объяснили такие явления, как движение перигелия Меркурия и отклонение светового луча вблизи Солнца. Эти предсказания показали, что теория относительности представляет собой нечто большее, чем только новый способ выражения старых законов. Действительно, эта теория обладает огромной предсказательной силой. Следствия, которые могут быть выведены из теории Эйнштейна, еще далеко не исчерпаны. Существуют такие ее следствия, которые не могут быть выведены из прежних теорий. Обычно теория такой силы обладает изяществом и объединяющим воздействием на известные законы. Она проще, чем вся полная совокупность известных законов. Но громадное значение теории состоит в ее силе предлагать новые законы, которые можно будет подтвердить эмпирическими средствами.

Карнап Р. Философские основания физики. Введение в философию науки. М., 1971. С. 39—58, 84—93, 301— 309