

ГЛАВА IX. Природа и необходимость научных революций

Эти замечания позволяют нам наконец рассмотреть проблемы, к которым нас обязывает само название этого очерка. Что такое научные революции и какова их функция в развитии науки? Большая часть ответов на эти вопросы была предвосхищена в предыдущих разделах. В частности, предшествующее обсуждение показало, что научные революции рассматриваются здесь как такие некумулятивные эпизоды развития науки, во время которых старая парадигма замещается целиком или частично новой парадигмой, несовместимой со старой. Однако этим сказано не всё, и существенный момент того, что ещё следует сказать, содержится в следующем вопросе. Почему изменение парадигмы должно быть названо революцией? Если учитывать широкое, существенное различие между политическим и научным развитием, какой параллелизм может оправдать метафору, которая находит революцию и в том и в другом?

Один аспект аналогии должен быть уже очевиден. Политические революции начинаются с роста сознания (часто ограничиваемого некоторой частью политического сообщества), что существующие институты перестали адекватно реагировать на проблемы, поставленные средой, которую они же отчасти создали. Научные революции во многом точно так же начинаются с возрастания сознания, опять-таки часто ограниченного узким подразделением научного сообщества, что существующая парадигма перестала адекватно функционировать при исследовании того аспекта природы, к которому сама эта парадигма раньше проложила путь. И в политическом и в научном развитии осознание нарушения функции, которое может привести к кризису, составляет предпосылку революции. Кроме того, хотя это, видимо, уже будет злоупотреблением метафорой, аналогия существует не только для крупных изменений парадигмы, подобных изменениям, осуществлённым Лавуазье и Коперником, но также для намного менее значительных изменений, связанных с усвоением нового вида явления, будь то кислород или рентгеновские лучи. Научные революции, как мы отмечали в конце V раздела, должны рассматриваться как действительно революционные преобразования только по отношению к той отрасли, чью парадигму они затрагивают. Для людей непосвящённых они могут, подобно революциям на Балканах в начале XX века, казаться обычными атрибутами процесса развития. Например, астрономы могли принять открытие рентгеновских лучей как простое приращение знаний, поскольку их парадигмы не затрагивались существованием нового излучения. Но для учёных типа Кельвина, Крукса и Рентгена, чьи исследования имели дело с теорией излучения или с катодными трубками, открытие рентгеновских лучей неизбежно нарушало одну парадигму и порождало другую.

Вот почему эти лучи могли быть открыты впервые только благодаря тому, что нормальное исследование каким-то образом зашло в тупик.

Этот генетический аспект аналогии между политическим и научным развитием не подлежит никакому сомнению. Однако аналогия имеет второй, более глубокий аспект, от которого зависит значение первого. Политические революции направлены на изменение политических институтов способами, которые эти институты сами по себе запрещают. Поэтому успех революций вынуждает частично отказаться от ряда институтов в пользу других, а в промежутке общество вообще управляется институтами не полностью. Первоначально именно кризис ослабляет роль политических институтов, так же, как мы уже видели, он ослабляет роль парадигмы. Возрастает число личностей, которые во всё большей степени отстраняются от политической жизни, или же если не отстраняются, то в её рамках поведение их становится более и более странным. Затем, когда кризис усиливается, многие из этих личностей объединяются между собой для создания некоторого конкретного плана преобразования общества в новую институциональную структуру. В этом пункте общество разделяется на враждующие лагеря или партии; одна партия пытается отстоять старые социальные институты, другие пытаются установить некоторые новые. Когда такая поляризация произошла, политический выход из создавшегося положения оказывается невозможным. Поскольку различные лагеря расходятся по вопросу о форме, в которой политическое изменение будет успешно осуществляться и развиваться, и поскольку они не признают никакой надынституциональной структуры для примирения разногласий, приведших к революции, то вступающие в революционный конфликт партии должны в конце концов обратиться к средствам массового убеждения, часто включая и силу. Хотя революции играли жизненно важную роль в преобразовании политических институтов, эта роль зависит частично от внеполитических и внеинституциональных событий.

Остальная часть настоящего очерка нацелена на то, чтобы показать, что историческое изучение парадигмального изменения раскрывает в эволюции наук характеристики, весьма сходные с отмеченными. Подобно выбору между конкурирующими политическими институтами, выбор между конкурирующими парадигмами оказывается выбором между несовместимыми моделями жизни сообщества. Вследствие того что выбор носит такой характер, он не детерминирован и не может быть детерминирован просто ценностными характеристиками процедур нормальной науки. Последние зависят частично от отдельно взятой парадигмы, а эта парадигма и является как раз объектом разногласий. Когда парадигмы, как это и должно быть, попадают в русло споров о выборе парадигмы, вопрос об их значении по необходимости попадает в замкнутый круг: каждая группа использует свою собственную парадигму для аргументации в защиту этой же парадигмы.

Этот логический круг сам по себе, конечно, ещё не делает аргументы ошибочными или даже неэффективными. Тот исследователь, который использует в качестве исходной посылки парадигму, когда выдвигает аргументы в её защиту, может тем не менее ясно показать, как будет выглядеть практика научного исследования для тех, кто усвоит новую точку зрения на природу. Такая демонстрация может быть необычайно убедительной, а зачастую и просто неотразимой. Однако природа циклического аргумента, как бы привлекателен он ни был, такова, что он обращается не к логике, а к убеждению. Ни с помощью логики, ни с помощью теории вероятности невозможно переубедить тех, кто отказывается войти в круг.

Логические посылки и ценности, общие для двух лагерей при спорах о парадигмах, недостаточно широки для этого. Как в политических революциях, так и в выборе парадигмы нет инстанции более высокой, чем согласие соответствующего сообщества. Чтобы раскрыть, как происходят научные революции, мы поэтому будем рассматривать не только влияние природы и логики, но также эффективность техники убеждения в соответствующей группе, которую образует сообщество учёных.

Чтобы выяснить, почему вопросы выбора парадигмы никогда не могут быть чётко решены исключительно логикой и экспериментом, мы должны кратко рассмотреть природу тех различий, которые отделяют защитников традиционной парадигмы от их революционных преемников. Это рассмотрение составляет основной предмет данного раздела и следующего. Однако мы уже отмечали множество примеров такого различия, и никто не будет сомневаться, что история может преподнести многие другие. Скорее можно усомниться не в их существовании, а в том, что такие примеры дают весьма важную информацию о природе науки, и это должно быть, следовательно, рассмотрено в первую очередь. Пусть мы признаём, что отказ от парадигмы бывает историческим фактом; но говорит ли это о чём-нибудь ещё, кроме как о легковерии человека и незрелости его знаний? Есть ли внутренние мотивы, в силу которых восприятие нового вида явления или новой научной теории должно требовать отрицания старой парадигмы?

Сначала отметим, что если такие основания есть, то они проистекают не из логической структуры научного знания. В принципе новое явление может быть обнаружено без разрушения какого-либо элемента прошлой научной практики. Хотя открытие жизни на Луне в настоящее время было бы разрушительным для существующих парадигм (поскольку они сообщают нам сведения о Луне, которые кажутся несовместимыми с существованием жизни на этой планете), открытие жизни в некоторых менее изученных частях галактики не было бы таким разрушительным. По тем же самым признакам новая теория не должна противоречить ни одной из предшествующих ей. Она может касаться исключительно тех явлений, которые ранее не были известны, так, квантовая механика (но лишь в значительной мере, а не исключительно) имеет дело с субатомными феноменами, неизвестными до XX века. Или новая теория может быть просто теорией более высокого уровня, чем теории, известные ранее, — теорией, которая связывает воедино группу теорий более низкого уровня, так что её формирование протекает без существенного изменения любой из них. В настоящее время теория сохранения энергии обеспечивает именно такие связи между динамикой, химией, электричеством, оптикой, теорией теплоты и т. д. Можно представить себе ещё и другие возможные связи между старыми и новыми теориями, не ведущие к несовместимости тех и других. Каждая из них в отдельности и все вместе могут служить примером исторического процесса, ведущего к развитию науки. Если бы все связи между теориями были таковы, то развитие науки было бы подлинно кумулятивным. Новые виды явлений могли бы просто раскрывать упорядоченность в некотором аспекте природы, где до этого она никем не была замечена. В эволюции науки новое знание приходило бы на смену невежеству, а не знанию другого и несовместимого с прежним вида.

Конечно, наука (или некоторое другое предприятие, возможно, менее эффективное) при каких-то условиях может развиваться таким полностью кумулятивным образом. Многие люди придерживались убеждения, что дело обстоит именно так, а большинство всё ещё,

вероятно, допускает, что простое накопление знания по крайней мере является идеалом, который, несомненно, осуществился бы в историческом развитии, если бы только оно так часто не искажалось человеческой субъективностью. Есть важные основания верить в это.

В X разделе мы покажем, насколько тесно точка зрения на науку как кумулятивный процесс переплетается с господствующей эпистемологией, рассматривающей знание как конструкцию, которую разум возводит непосредственно на необработанных чувственных данных. А в XI разделе мы рассмотрим сильную поддержку, оказываемую этой же историографической схеме средствами эффективной преподавательской деятельности. Тем не менее, несмотря на значительное правдоподобие такого идеального представления, есть большие основания для сомнения — может ли это представление служить образцом науки. После того как допарадигмальный период закончился, ассимиляция всех новых теорий и почти всех новых видов явлений фактически требовала разрушения исходной парадигмы и вызывала последующий конфликт между конкурирующими школами научного мышления. Кумулятивное накопление непредвиденных новшеств в науке оказывается почти не существующим исключением в закономерном ходе её развития. Тот, кто серьёзно рассматривает исторические факты, должен иметь в виду, что наука не стремится к идеалу, который подсказывается нашим представлением о кумулятивности развития. Возможно, что это характерно не для науки, а для какого-либо другого вида деятельности.

Однако если мы и дальше не будем отклоняться от упрямых фактов, то тогда при повторной проверке области, которую мы уже охватили, можно предположить, что кумулятивное приобретение новшеств не только фактически случается редко, но в принципе невозможно. Нормальное исследование, являющееся кумулятивным, обязано своим успехом умению учёных постоянно отбирать проблемы, которые могут быть разрешены благодаря концептуальной и технической связи с уже существующими проблемами. (Вот почему чрезмерная заинтересованность в прикладных проблемах безотносительно к их связи с существующим знанием и техникой может так легко задержать научное развитие.) Если человек стремится решать проблемы, поставленные существующим уровнем развития науки и техники, то это значит, что он не просто озирается по сторонам.

Он знает, чего хочет достичь, соответственно этому он создаёт инструменты и направляет своё мышление. Непредсказуемые новшества, новые открытия могут возникать только в той мере, в какой его предсказания, касающиеся как возможностей его инструментов, так и природы, оказываются ошибочными. Часто важность сделанного открытия будет пропорциональна степени и силе аномалии, которая предвещала открытие. Таким образом, должен, очевидно, возникнуть конфликт между парадигмой, которая обнаруживает аномалию, и парадигмой, которая позднее делает аномалию закономерностью. Примеры открытий, связанные с разрушением парадигмы и рассмотренные в IV разделе, не представляют собой простых исторических случайностей. Наоборот, никакого другого эффективного пути к научному открытию нет.

Та же самая аргументация используется даже более очевидно в вопросе создания новых теорий. В принципе есть только три типа явлений, которые может охватывать вновь созданная теория. Первый состоит из явлений, хорошо объяснимых уже с точки зрения существующих парадигм; эти явления редко представляют собой причину или отправную

точку для создания теории. Когда они всё же порождают теорию — как было с тремя известными предвидениями, рассмотренными в конце VII раздела, — то результат редко оказывается приемлемым, потому что природа не даёт никакого основания для того, чтобы предпочитать новую теорию старой. Второй вид явлений представлен теми, природа которых указана существующими парадигмами, но их детали могут быть поняты только при дальнейшей разработке теории. Это явления, исследованию которых учёный отдаёт много времени, но его исследования в этом случае нацелены на разработку существующей парадигмы, а не на создание новой. Только когда эти попытки в разработке парадигмы потерпят неудачу, учёные переходят к изучению третьего типа явлений, к осознанным аномалиям, характерной чертой которых является упорное сопротивление объяснению их существующими парадигмами. Только этот тип явлений и даёт основание для возникновения новой теории. Парадигмы определяют для всех явлений, исключая аномалии, соответствующее место в теоретических построениях исследовательской области учёного.

Но если возникновение новых теорий вызывается необходимостью разрешения аномалий по отношению к существующим теориям в их связи с природой, тогда успешная новая теория должна допускать предсказания, которые отличаются от предсказаний, выводимых из предшествующих теорий. Такого отличия могло бы и не быть, если бы обе теории были логически совместимы. В процессе своей ассимиляции вторая теория должна заменить первую. Даже теория, подобная теории сохранения энергии, которая сегодня кажется логической суперструктурой, соотносящейся с природой только через независимо установленные теории, исторически развивалась через разрушение парадигмы. Более того, она возникла из кризиса, существенным ингредиентом которого была несовместимость между динамикой Ньютона и некоторыми позднее сформулированными следствиями флогистонной теории теплоты. Только после того, как флогистонная теория была отброшена, теория сохранения энергии смогла стать частью науки[98]. И только тогда, когда эта теория стала частью науки и оставалась таковой в течение некоторого времени, она смогла предстать как теория логически более высокого уровня, которая не противоречит другим теориям, ей предшествовавшим. Очень трудно усмотреть, как могли бы возникнуть новые теории без этих деструктивных изменений в убеждениях, касающихся природы. Хотя логическое включение одной теории в другую остаётся допустимым вариантом в отношении между следующими друг за другом научными теориями, с точки зрения исторического исследования это неправдоподобно.

Столетие назад, я думаю, можно было бы на этом и остановиться в рассмотрении вопроса о необходимости революций. Но в настоящее время, к сожалению, этого делать нельзя, потому что невозможно отстоять развитую выше точку зрения на предмет, если принять наиболее распространённую сегодня интерпретацию природы и функций научной теории. Эта интерпретация, тесно связанная с ранним логическим позитивизмом и не отброшенная полностью его последователями, обычно ограничивает уровень и значение принятой теории так, чтобы последняя не имела возможности вступать в противоречие с предшествующей теорией, которая давала предписания относительно тех же самых явлений природы. Наиболее известным и ярким примером, связанным со столь ограниченным пониманием научной теории, является анализ отношения между современной динамикой Эйнштейна и старыми уравнениями динамики, которые вытекали из «Начал» Ньютона. С точки зрения настоящей работы эти две теории совершенно несовместимы в том же смысле, в каком была

показана несовместимость астрономии Коперника и Птолемея: теория Эйнштейна может быть принята только в случае признания того, что теория Ньютона ошибочна. Но сегодня приверженцы этой точки зрения остаются в меньшинстве[99]. Поэтому мы должны рассмотреть наиболее распространённые возражения против неё.

Суть этих возражений может быть сведена к следующему. Релятивистская динамика не может показать, что динамика Ньютона ошибочна, ибо динамика Ньютона всё ещё успешно используется большинством инженеров и, в некоторых приложениях, многими физиками. Кроме того, правильность этого использования старой теории может быть показана той самой теорией, которая в других приложениях заменила её. Теория Эйнштейна может быть использована для того, чтобы показать, что предсказания, получаемые с помощью уравнений Ньютона, должны быть настолько надёжными, насколько позволяют наши измерительные средства во всех приложениях, которые удовлетворяют небольшому числу ограничительных условий.

Например, если теория Ньютона обеспечивает хорошее приближённое решение, то относительные скорости рассматриваемых тел должны быть несравненно меньше, чем скорость света. В соответствии с этими условиями и некоторыми другими теория Ньютона представляется следствием из теории Эйнштейна, её частным случаем.

Однако, продолжают рассуждать сторонники этой точки зрения, ни одна теория никак не может противоречить ни одному из своих частных случаев. Если эйнштейновская наука показывает ошибочность динамики Ньютона, то это только потому, что некоторые ньютоналисты были столь опрометчивы, что заявляли, будто теория Ньютона даёт совершенно точные результаты и применима к очень большим относительным скоростям. Так как они не смогли представить что-либо в защиту таких заявлений, то, делая их, они совершали измену требованиям науки. В той мере, в какой теория Ньютона была всегда подлинно научной теорией, опирающейся на обоснованные данные, она всё ещё остаётся таковой. Эйнштейн мог показать ошибочность только экстравагантных теоретических претензий — претензий, которые никогда не были собственно элементами науки. Очищенная от этих чисто человеческих экстравагантностей, ньютоновская теория никогда не могла быть оспорена и не будет оспариваться в дальнейшем.

Подобной аргументации вполне достаточно, чтобы сделать любую теорию, когда-либо используемую значительной группой компетентных учёных, невосприимчивой против любых нападок. Например, подвергшаяся злословию теория флогистона внесла упорядоченность в большой ряд физических и химических явлений. Она объяснила, почему тела горят (потому, что они богаты флогистоном) и почему металлы имеют намного больше общих друг с другом свойств, нежели их руды (металлы полностью состоят из различных элементарных земель, соединённых с флогистоном, а поскольку флогистон содержится во всех металлах, постольку он создаёт общность свойств). Кроме того, теория флогистона объяснила ряд реакций получения кислоты при окислении веществ, подобных углероду и сере. Она также объяснила уменьшение объёма, когда окисление происходило в ограниченном объёме воздуха, — флогистон высвобождался при нагревании, которое «портит» упругость воздуха, абсорбирующего флогистон, точно так же, как огонь «портит» упругость стальной пружины[100]. Если бы перечисленные факты были единственными явлениями, которыми

теоретики флогистона ограничивали свою теорию, то последняя никогда не могла быть подвергнута сомнению. Подобное обоснование подойдёт и для любой другой теории, которая когда-либо успешно применялась к какому-нибудь ряду явлений вообще.

Но, чтобы сохранять теории таким образом, нужно ограничить область их применения теми явлениями и такой точностью наблюдения, с которой уже имеющиеся эксперименты имеют дело [101]. Если возникает искушение сделать ещё дальше хотя бы один шаг (а его вряд ли можно избежать, коль скоро первый шаг уже сделан), то такое ограничение запрещает учёному говорить в «научном» плане о любых явлениях, ещё не наблюдавшихся. Даже в современных формах ограничение не позволяет учёному в своём исследовании полагаться на теорию, когда это исследование раскрывает новую область или стремится достигнуть степени точности, беспрецедентной для предшествующего применения теории. Такие запреты логически исключить невозможно. Но в результате их принятия должно быть прекращено исследование,двигающее науку дальше.

В сущности, этот вопрос до настоящего времени был тавтологичен. Без предписаний парадигмы не может быть никакой нормальной науки. Больше того, предписание должно простираться на такие области и уровни точности, для которых нет полного прецедента. Если это не так, то парадигма не сможет предложить ни одной головоломки, которая до сих пор не была решена. Кроме того, не только нормальная наука зависит от предписаний, исходящих от парадигмы. Если теория ограничивает учёного только существующими приложениями, тогда не может быть никаких неожиданностей, аномалий или кризисов. Однако они являются вехами, которые указывают путь к экстраординарной науке. Если позитивистские ограничения, накладываемые на правомерные приложения теории, рассматривать буквально, то механизм, который подсказывает научному сообществу, какие проблемы могут привести к фундаментальным изменениям, должен прекратить действие. А если это случится, сообщество неминуемо вернётся к состоянию, во многом сходному с допарадигмальным, когда все его члены будут заниматься наукой, но совокупный результат их усилий едва ли будет иметь сходство с наукой вообще. Стоит ли удивляться тому, что значительные научные успехи достигаются лишь ценой принятия предписания, которое отнюдь не является непогрешимым?

Ещё более важно то, что в аргументации позитивистов есть логический пробел, который немедленно возвращает нас к вопросу о природе революционного изменения в науке. Можно ли в самом деле динамику Ньютона вывести из релятивистской динамики? На что похоже такое выведение? Представим ряд предложений E_1, E_2, \dots, E_n которые воплощают в себе законы теории относительности. Эти предложения содержат переменные и параметры, отображающие пространственные координаты, время, массу покоя и т. д. Из них с помощью аппарата логики и математики дедуцируется ещё один ряд предложений, включая некоторые предложения, которые могут быть проверены наблюдением. Чтобы доказать адекватность ньютоновской механики как частного случая, мы должны присоединить к предложениям E_i дополнительные предложения типа $(v/c)^2 \ll 1$, ограничив тем самым область переменных и параметров. Этот расширенный ряд предложений преобразуется затем так, чтобы получить новую серию N_1, N_2, \dots, N_m , которые тождественны по форме с ньютоновскими законами движения, законом тяготения и т. д. Очевидно, что ньютоновская динамика выводится из динамики Эйнштейна при соблюдении нескольких ограничивающих

условий.

Тем не менее такое выведение представляет собой передержку, по крайней мере в следующем. Хотя предложения N_i являются специальным случаем законов релятивистской механики, всё же они не являются законами Ньютона. Или по крайней мере они не являются таковыми, если не интерпретируются заново способом, который стал возможным после работ Эйнштейна. Переменные и параметры, которые в серии предложений E_i , представляющей теорию Эйнштейна, обозначают пространственные координаты, время, массу и т. д., все также содержатся в N_i , но они всё-таки представляют эйнштейновское пространство, массу и время. Однако физическое содержание эйнштейновских понятий никоим образом не тождественно со значением ньютоновских понятий, хотя и называются они одинаково. (Ньютоновская масса сохраняется, эйнштейновская может превращаться в энергию. Только при низких относительных скоростях обе величины могут быть измерены одним и тем же способом, но даже тогда они не могут быть представлены одинаково.) Если мы не изменим определения переменных в N_i , то предложения, которые мы вывели, не являются ньютоновскими. Если мы изменим их, то мы не сможем, строго говоря, сказать, что вывели законы Ньютона, по крайней мере в любом общепринятом в настоящее время смысле понятия выведения. Конечно, приведённая выше аргументация объясняет, почему законы Ньютона казались пригодными для работы. Она объясняет, допустим, поведение водителя автомашины, который поступал так, как если бы он находился в ньютоновском мире. Аргументация аналогичного типа использовалась для того, чтобы обосновать преподавание геоцентрической астрономии топографам. Но аргументация не доказывает того, на что она была нацелена. Иными словами, она не доказывает, что законы Ньютона являются предельным случаем эйнштейновских. Ибо при переходе к пределу изменяются не только формы законов. Одновременно мы должны изменить фундаментальные структурные элементы, из которых состоит универсум и которые к нему применяются.

Необходимость изменить значение установленных и общеизвестных понятий — основа революционного воздействия теории Эйнштейна. Хотя это изменение более тонкое, нежели переход от геоцентризма к гелиоцентризму, от флогистона к кислороду или от корпускул к волнам, полученное в результате его концептуальное преобразование имеет не менее решающее значение для разрушения ранее установленной парадигмы. Мы даже можем увидеть в концептуальном преобразовании прототип революционной переориентации в науках. Именно потому, что такое преобразование не включает введения дополнительных объектов или понятий, переход от ньютоновской к эйнштейновской механике иллюстрирует с полной ясностью научную революцию как смену понятийной сетки, через которую учёные рассматривали мир.

Этих замечаний будет достаточно, чтобы доказать тезис, который в ином философском климате мог бы быть принят без доказательств. По крайней мере для учёных большинство очевидных различий между отбрасываемой научной теорией и её преемницей вполне реально. Хотя устаревшую теорию всегда можно рассматривать как частный случай её современного преемника, она должна быть преобразована для этой цели. Преобразование же является тем, что может осуществляться с использованием преимуществ ретроспективной оценки — отчётливо выраженного применения более современной теории. Кроме того, даже если это преобразование было задумано для интерпретации старой

теории, результатом его применения должна быть теория, ограниченная до такой степени, что она может только переформулировать то, что уже известно. Вследствие своей экономичности эта переформулировка теории полезна, но она не может быть достаточной для того, чтобы направлять исследование.

Примем, таким образом, теперь без доказательства, что различия между следующими друг за другом парадигмами необходимы и принципиальны. Можем ли мы затем сказать более точно, каковы эти различия? Их наиболее очевидный тип уже неоднократно иллюстрирован выше. Следующие друг за другом парадигмы по-разному характеризуют элементы универсума и поведение этих элементов. Иными словами, их отличие касается таких вопросов, как существование внутриатомных частиц, материальность света, сохранение теплоты или энергии. Эти различия являются субстанциональными различиями между последовательными парадигмами, и они не требуют дальнейшей иллюстрации. Но парадигмы отличаются более чем содержанием, ибо они направлены не только на природу, но выражают также и особенности науки, которая создала их. Они являются источником методов, проблемных ситуаций и стандартов решения, принятых неким развитым научным сообществом в данное время. В результате восприятие новой парадигмы часто вынуждает к переопределению основ соответствующей науки. Некоторые старые проблемы могут быть переданы в ведение другой науки или объявлены совершенно «ненаучными». Другие проблемы, которые были прежде несущественными или тривиальными, могут с помощью новой парадигмы сами стать прототипами значительных научных достижений. И поскольку меняются проблемы, постольку обычно изменяется и стандарт, который отличает действительное научное решение от чисто метафизических спекуляций, игры слов или математических забав. Традиция нормальной науки, которая возникает после научной революции, не только несовместима, но часто фактически и несоизмерима с традицией, существовавшей до неё.

Влияние работы Ньютона на традиции нормальной научной практики XVII века служит ярким примером этих более тонких последствий смены парадигмы. Ещё до рождения Ньютона «новая наука» столетия достигла успеха, отбросив наконец аристотелевские и схоластические объяснения, которые сводились к сущностям материальных тел. На рассуждение о камне, который упал потому, что его «природа» движет его по направлению к центру Вселенной, стали смотреть лишь как на тавтологичную игру слов. Такой критики раньше не наблюдалось. С этого времени весь поток сенсорных восприятий, включая восприятие цвета, вкуса и даже веса, объяснялся в терминах протяжённости, формы, места и движения мельчайших частиц, составляющих основу материи. Приписывание других качеств элементарным атомам не обошлось без неких таинственных понятий и поэтому лежало вне границ науки. Мольер точно ухватил новое веяние, когда осмеял доктора, который объяснял наркотическое действие опиума, приписывая ему усыпляющую силу. В течение последней половины XVII века многие учёные предпочитали говорить, что сферическая форма частиц опиума даёт им возможность успокаивать нервы, по которым они распространяются[102].

На предыдущей стадии развития науки объяснение на основе скрытых качеств было составной частью продуктивной научной работы. Тем не менее новые требования к механико-корпускулярному объяснению в XVII веке оказались очень плодотворными для

ряда наук, избавив их от проблем, которые не поддавались общезначимому решению, и предложив взамен другие. Например, в динамике три закона движения Ньютона в меньшей степени являлись продуктом новых экспериментов, чем попыткой заново интерпретировать хорошо известные наблюдения на основе движения и взаимодействия первичных нейтральных корпускул. Рассмотрим только одну конкретную иллюстрацию. Так как нейтральные корпускулы могли действовать друг на друга только посредством контакта, механико-корпускулярная точка зрения на природу направляла стремление учёных к совершенно новому предмету исследования — к изменению скорости и направления движения частиц при столкновении. Декарт поставил проблему и дал её первое предположительное решение. Гюйгенс, Рен и Уоллис расширили её ещё больше, частью посредством экспериментирования, сталкивая качающиеся грузы, но большей частью посредством использования ранее хорошо известных характеристик движения при решении новой проблемы. А Ньютон обобщил их результаты в законах движения. Равенство «действия» и «противодействия» в третьем законе является результатом изменения количества движения, наблюдающегося при столкновении двух тел. То же самое изменение движения предполагает определение динамической силы, скрыто входящее во второй закон. В этом случае, как и во многих других, в XVII веке корпускулярная парадигма породила и новую проблему и в значительной мере решение её[103].

Однако, хотя работа Ньютона была большей частью направлена на решение проблем и воплощала стандарты, которые вытекали из механико-корпускулярной точки зрения на мир, воздействие парадигмы, возникшей из его работы, сказалось в дальнейшем в частично деструктивном изменении проблем и стандартов, принятых в науке того времени. Тяготение, интерпретируемое как внутреннее стремление к взаимодействию между каждой парой частиц материи, было скрытым качеством в том же самом смысле, как и схоластическое понятие «побуждение к падению». Поэтому, пока стандарты корпускуляризма оставались в силе, поиски механического объяснения тяготения были одной из наиболее животрепещущих проблем для тех, кто принимал «Начала» в качестве парадигмы. Ньютон, а также многие из его последователей в XVIII веке уделяли много внимания этой проблеме. Единственное очевидное решение состояло в том, чтобы отвергнуть теорию Ньютона в силу её неспособности объяснить тяготение; эта возможность широко принималась за истину, и всё же ни та, ни другая точка зрения в конечном счёте не побеждала. Не будучи в состоянии ни заниматься практикой научной работы без «Начал», ни подчинить эту работу корпускулярным стандартам XVII века, учёные постепенно приходили к воззрению, что тяготение является действительно некоей внутренней силой природы. К середине XVIII века такое истолкование было распространено почти повсеместно, а результатом явилось подлинное возрождение схоластической концепции (что не равносильно регрессу). Внутренне присущие вещам силы притяжения и отталкивания присоединились к протяжённости, форме, месту и движению как к физически несводимым первичным свойствам материи[104].

В результате изменение в стандартах и проблемных областях физической науки оказалось опять-таки закономерным. Например, к 40-м годам XVIII века исследователи электрических явлений могли говорить о притягивающем «свойстве» электрического флюида, не вызывая насмешек, которых удостоился мольеровский доктор столетие назад. И постепенно электрические явления всё больше обнаруживали закономерности, отличные от тех,

которые в них видели исследователи, рассматривавшие их как эффекты механического испарения (effluvium), которое могло осуществляться только посредством контакта. В частности, когда электрическое действие на расстоянии сделалось предметом непосредственного изучения, то феномен, который сейчас мы характеризуем как электризацию через индукцию, смог быть признан в качестве одного из его следствий. Ранее, когда явление рассматривалось в общем виде, оно приписывалось непосредственному воздействию «электрических» атмосфер или утечке, неминуемой в любой электрической лаборатории. Новый взгляд на индукционное воздействие являлся в свою очередь ключом к анализу Франклином эффекта лейденской банки и, таким образом, к возникновению новой ньютоновской парадигмы для электричества. Динамика и электричество не были единственными научными областями, испытывавшими влияние поиска сил, внутренне присущих материи. Большая часть литературы по химическому родству и рядам замещения в XIX веке также ведёт своё происхождение от этого супермеханического аспекта ньютонианства. Химики, которые верили в эти дифференцированные силы притяжения между различными химическими веществами, ставили эксперименты, которые ранее трудно было представить, и изыскивали новые виды реакций. Без опытных данных и химических понятий, полученных в результате этих исследований, более поздние работы Лавуазье и в особенности Дальтона были бы непонятны[105]. Изменения в стандартах, которые определяют проблемы, понятия и объяснения, могут преобразовать науку. В следующем разделе я попытаюсь даже рассмотреть, в каком смысле они преобразуют мир.

Другие примеры таких несубстанциональных различий между следующими друг за другом парадигмами могут быть взяты из истории любой науки почти в любой период её развития. В данный момент ограничимся лишь двумя другими и достаточно краткими иллюстрациями. Прежде чем произошла революция в химии, одна из широко распространённых задач этой науки состояла в объяснении свойств химических веществ и изменений, которые эти свойства претерпевают в реакции. С помощью небольшого числа элементарных «первопричин» — среди которых был и флогистон — химик должен был объяснить, почему одни вещества обладают свойствами кислоты, другие — свойствами металла, третьи — свойствами возгораемости и тому подобное. В этом направлении был достигнут заметный успех. Мы уже указывали, что флогистонная теория объясняла, почему металлы так сходны между собой, и можно представить подобную аргументацию для кислот. Реформа Лавуазье, однако, окончательно отбросила химические «первопричины» и таким образом лишила химию некоторой реальной и потенциальной объяснительной силы. Чтобы компенсировать эту утрату, требовались изменения в стандартах. В течение большей части XIX века неудачи в объяснении свойств соединений не могли умалить достоинства ни одной химической теории[106].

Или другой пример. Дж. Максвелл разделял с другими сторонниками волновой теории света XIX века убеждение, что световые волны должны распространяться через материальный эфир. Выявление механической сферы распространения волн было обычной проблемой для многих одарённых современников Максвелла. Однако его собственная электромагнитная теория света не принимала в расчёт никакую среду, необходимую для распространения световых волн, и эта теория ясно показала, что такую среду труднее учесть, чем казалось ранее. Первоначально теория Максвелла в силу указанных причин отвергалась многими учёными. Но, подобно учению Ньютона, оказалось, что без теории Максвелла трудно

обойтись, и, когда она достигла статуса парадигмы, отношение к ней со стороны научного сообщества изменилось. Убеждение Максвелла в существовании механического эфира становилось в первые десятилетия XX века всё более и более похожим на чисто формальное признание (хотя оно было вполне искренним), и поэтому попытки выявить эфирную среду были преданы забвению. Учёные больше не думали, что ненаучно говорить об электричестве как о «вытеснении», не указывая на то, что «вытесняется». В результате опять возник новый ряд проблем и стандартов, который в конце концов должен был привести к появлению теории относительности[107].

Такие характерные изменения в представлениях научного сообщества о его основных проблемах и стандартах меньше значили бы для идей данной работы, если бы можно было предположить, что они всегда возникают при переходе от более низкого методологического типа к некоторому более высокому. В этом случае их последствия также казались бы кумулятивными. Не удивительно, что некоторые историки утверждали, что история науки отмечена непрерывным возрастанием зрелости и совершенствованием человеческого понятия о природе науки[108]. Однако случаи кумулятивного развития научных проблем и стандартов встречаются даже реже, нежели примеры кумулятивного развития теорий. Попытки объяснить тяготение, хотя они и были полностью прекращены большинством учёных XVIII века, не были направлены на решение внутренне неправомерных проблем. Возражения в отношении внутренних таинственных сил не были ни собственно антинаучными, ни метафизическими в некотором уничижительном смысле слова. Нет никаких внешних критериев, на которые могли бы опереться такие возражения. То, что произошло, не было ни отбрасыванием, ни развитием стандартов, а просто изменением, продиктованным принятием новой парадигмы. Кроме того, это изменение в какой-то момент времени приостанавливалось, затем опять возобновлялось. В XX веке Эйнштейн добился успеха в объяснении гравитационного притяжения, и это объяснение вернуло науку к ряду канонических проблем, которые в этом частном аспекте более похожи на проблемы и каноны предшественников Ньютона, нежели его последователей. Или другой пример. Развитие квантовой механики отвергло методологические запреты, которые зародились в ходе революции в химии. В настоящее время химики стремятся, и с большим успехом, объяснить цвет, агрегатное состояние и другие свойства веществ, используемых и создаваемых в их лабораториях. Возможно, что в настоящее время подобное преобразование происходит и в разработке теории электромагнетизма. Пространство в современной физике не является инертным и однородным субстратом, использовавшимся и в теории Ньютона, и в теории Максвелла; некоторые из его новых свойств подобны свойствам, некогда приписываемым эфиру; и со временем мы можем узнать, что представляет собой перемещение электричества.

Перенос акцент с познавательной на нормативную функцию парадигмы, предшествующие примеры расширяют наше понимание способов, которыми парадигма определяет форму научной жизни. Ранее мы главным образом рассматривали роль парадигмы в качестве средства выражения и распространения научной теории. В этой роли её функция состоит в том, чтобы сообщать учёному, какие сущности есть в природе, а какие отсутствуют, и указывать, в каких формах они проявляются. Информация такого рода позволяет составить план, детали которого освещаются зрелым научным исследованием. А так как природа слишком сложна и разнообразна, чтобы можно было исследовать её вслепую, то план для

длительного развития пауки так же существен, как наблюдение и эксперимент. Через теории, которые они воплощают, парадигмы выступают важнейшим моментом научной деятельности. Они определяют научное исследование также и в других аспектах — вот в чём теперь суть дела. В частности, только что приведённые нами примеры показывают, что парадигмы дают учёным не только план деятельности, но также указывают и некоторые направления, существенные для реализации плана. Осваивая парадигму, учёный овладевает сразу теорией, методами и стандартами, которые обычно самым теснейшим образом переплетаются между собой. Поэтому, когда парадигма изменяется, обычно происходят значительные изменения в критериях, определяющих правильность как выбора проблем, так и предлагаемых решений.

Это наблюдение возвращает нас к пункту, с которого начинался этот раздел, поскольку даёт нам первое чёткое указание, почему выбор между конкурирующими парадигмами постоянно порождает вопросы, которые невозможно разрешить с помощью критериев нормальной науки. В той же степени (столь же значительной, сколько и неполной), в какой две научные школы несогласны друг с другом относительно того, что есть проблема и каково её решение, они неизбежно будут стремиться переубедить друг друга, когда станут обсуждать относительные достоинства соответствующих парадигм. В аргументациях, которые постоянно порождаются такими дискуссиями и которые содержат в некотором смысле логический круг, выясняется, что каждая парадигма более или менее удовлетворяет критериям, которые она определяет сама, но не удовлетворяет некоторым критериям, определяемым её противниками. Есть и другие причины неполноты логического контакта, который постоянно характеризует обсуждение парадигм. Например, так как ни одна парадигма никогда не решает всех проблем, которые она определяет, и поскольку ни одна из двух парадигм не оставляет нерешёнными одни и те же проблемы, постольку обсуждение парадигмы всегда включает вопрос: какие проблемы более важны для решения? Наподобие сходного вопроса относительно конкурирующих стандартов, этот вопрос о ценностях может получить ответ только на основе критерия, который лежит всецело вне сферы нормальной науки, и именно это обращение к внешним критериям с большой очевидностью делает обсуждение парадигм революционным. Однако на карту ставится даже нечто более фундаментальное, чем стандарты и оценки. До сих пор я рассматривал только вопрос о существенном значении парадигм для науки. Сейчас я намереваюсь выявить смысл, в котором они оказываются точно так же существенными для самой природы.

Версия #2

Зверобой создал 1 января 2026 18:54:53

Зверобой обновил 1 января 2026 19:01:32