Томас КУН

СТРУКТУРА НАУЧНЫХ РЕВОЛЮЦИЙ

Томас Кун

Структура научных революций

Серия «Philosophy»

Текст предоставлен правообладателем
http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=7362915
Кун, Т. Структура научных революций: АСТ: АСТ МОСКВА,; Москва; 2009
ISBN 978-5-17-059180-0, 978-5-403-01409-0

Аннотация

Томас Кун – выдающийся историк и философ науки XX в. Его теория научных революций как смены парадигм стала фундаментом современной методологии и философии науки, предопределив само понимание науки и научного знания в современном обществе.

Содержание

Предисловие 5
I 10
II 16
III 24
IV 32
V 38
Конец ознакомительного фрагмента. 44

Томас Кун
Структура научных революций

Thomas S. Kuhn
THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC REVOLUTIONS
Печатается с разрешения издательства The University of Chicago Press, Chicago, Illinois, U.S.A.
© The University of Chicago, 1962, 1970
© Перевод. И.З. Налетов, 1974
© ООО Издательство «АСТ МОСКВА», 2009

Предисловие

Предлагаемая работа является первым полностью публикуемым исследованием, написанным в соответствии с планом, который начал вырисовываться передо мной почти 15 лет назад. В то время я был аспирантом, специализировавшимся по теоретической физике, и моя диссертация была близка к завершению. То счастливое обстоятельство, что я с увлечением прослушал пробный университетский курс по физике, читавшийся для неспециалистов, позволило мне впервые получить некоторое представление об истории науки. К моему полному удивлению, это знакомство со старыми научными теориями и самой практикой научного исследования в корне подорвало некоторые из моих основных представлений о природе науки и причинах ее достижений.

Я имею в виду те представления, которые ранее сложились у меня как в процессе научного образования, так и в силу давнего непрофессионального интереса к философии науки. Как бы то ни было, несмотря на их возможную пользу с педагогической точки зрения и их общую достоверность, эти представления ничуть не были похожи на картину науки, вырисовывающуюся в свете исторических исследований. Однако они были и остаются основой для многих дискуссий о науке, и, следовательно, тот факт, что в ряде случаев они не являются правдоподобными, заслуживает, по-видимому, пристального внимания. Результатом всего этого был решительный поворот в моих планах, касающихся научной карьеры, поворот от физики к истории науки, а затем, постепенно, от собственно историко-научных проблем обратно к вопросам более философского плана, которые первоначально и привели меня к истории науки. Если не считать нескольких статей, настоящий очерк является первой из моих опубликованных работ, в которых доминируют именно эти вопросы, занимавшие меня на ранних этапах работы. До некоторой степени он представляет собой попытку объяснить самому себе и коллегам, как случилось, что мои интересы сместились от науки как таковой к ее истории в первую очередь.

Первая возможность углубиться в разработку некоторых из тех идей, которые изложены ниже, представилась мне, когда я в течение трех лет проходил стажировку при Гарвардском университете. Без этого периода свободы переход в новую область научной деятельности был бы для меня куда более трудным, а может быть, даже и невозможным. Часть своего времени в эти годы я посвящал именно изучению истории науки. С особым интересом я продолжал изучать работы А. Койре и впервые обнаружил работы Э. Мейерсона, Е. Мецгер и А. Майер[1].

Эти авторы более отчетливо, чем большинство других современных ученых, показали, что значило мыслить научно в тот период времени, когда каноны научного мышления весьма отличались от современных. Хотя я все больше и больше ставлю под сомнение некоторые из их частных исторических интерпретаций, их работы вместе с книгой А. Лавджоя «Великая цепь бытия» были одним из главных стимулов для формирования моего представления о том, какой может быть история научных идей. В этом отношении более важную роль сыграли только сами тексты первоисточников.

В те годы я потратил, однако, много времени на разработку областей, не имеющих явного отношения к истории науки, но тем не менее, как сейчас выясняется, содержащих ряд проблем, сходных с проблемами истории науки, которые привлекли мое внимание. Сноска,

[1] Особое влияние на меня оказали работы: A. Koyré. Etudes Galiléennes, 3 vols. Paris, 1939; E. Meyerson. Identity and Reality. New York, 1930; H. Metzger. Les doctrines chimiques en France du début du XVII á la fin du XVIII siécle. Paris, 1923; H. Metzger. Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique. Paris, 1930; A. Maier. Die Vorläufer Galileis im 14. Jahrhundert («Studien zur Naturphilosophie der Spätscholastik». Rome, 1949).

на которую я натолкнулся по чистой случайности, привела меня к экспериментам Ж. Пиаже, с помощью которых он разъяснил как различные типы восприятия на разных стадиях развития ребенка, так и процесс перехода от одного типа к другому[2]. Один из моих коллег предложил мне почитать статьи по психологии восприятия, в особенности по гештальтпсихологии; другой познакомил меня с соображениями Б.Л. Уорфа относительно воздействия языка на представление о мире; У. Куайн открыл для меня философские загадки различия между аналитическими и синтетическими предложениями[3]. В ходе этих случайных занятий, на которые у меня оставалось время от стажировки, мне удалось натолкнуться на почти неизвестную монографию Л. Флека «Возникновение и развитие научного факта» (Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Basel, 1935), которая предвосхитила многие мои собственные идеи. Работа Л. Флека вместе с замечаниями другого стажера, Фрэнсиса Х. Саттона, заставила меня осознать, что эти идеи, возможно, следует рассматривать в рамках социологии научного сообщества. Читатели найдут дальше мало ссылок на эти работы и беседы. Но я обязан им очень многим, хотя сейчас нередко уже не могу полностью осознать их влияние.

На последнем году своей стажировки я получил предложение прочитать курс лекций для Института Лоуэлла в Бостоне. Таким образом мне впервые представился случай испытать в студенческой аудитории мои еще не до конца сформировавшиеся представления о науке. Результатом была серия из восьми публичных лекций, прочитанных в марте 1951 года под общим названием «В поисках физической теории» (The Quest for Physical Theory). В следующем году я начал преподавать уже собственно историю науки. Почти 10 лет преподавания дисциплины, которой я ранее никогда систематически не занимался, оставляли мне мало времени для более точного оформления идей, которые и подвели меня когда-то к истории науки. К счастью, однако, эти идеи подспудно служили для меня источником ориентации и своего рода проблемной структурой большей части моего курса. Поэтому я должен благодарить своих студентов за неоценимые уроки как в отношении развития моих собственных взглядов, так и в отношении умения доступно излагать их другим. Те же самые проблемы и та же ориентация придали единство большей части по преимуществу исторических и на первый взгляд очень различных исследований, которые я опубликовал после окончания моей гарвардской стажировки. Несколько из этих работ было посвящено важной роли, которую играют те или иные метафизические идеи в творческом научном исследовании. В других работах исследуется способ, посредством которого экспериментальный базис новой теории воспринимается и ассимилируется приверженцами старой теории, несовместимой с новой. Одновременно во всех исследованиях описывается тот этап развития науки, который ниже я называю «возникновением» новой теории или открытия. Помимо этого, рассматриваются и другие подобного же рода вопросы.

Заключительная стадия настоящего исследования началась с приглашения провести один год (1958/59) в Центре современных исследований в области наук о поведении. Здесь снова я получил возможность сосредоточить все свое внимание на проблемах, обсуждаемых ниже. Но, пожалуй, более важно то, что, проведя один год в обществе, состоявшем главным образом из специалистов в области социальных наук, я неожиданно столкнулся с проблемой различия между их сообществом и сообществом ученых-естественников, среди которых обучался я сам. В особенности я был поражен количеством и степенью открытых

---

[2] Особую важность для меня имели два сборника исследований Ж. Пиаже, поскольку они описывали понятия и процессы, которые также непосредственно формируются в истории науки: «The Child's Conception of Causality». London, 1930; «Les notions de mouvement et de vitesse chez 1'enfant». Paris, 1946.

[3] Уже потом статьи Б. Л. Уорфа были собраны Дж. Кэрролом в книге: «Language, Thought, and Reality – Selected Writings of Benjamin Lee Whorf». New York, 1956. У. Куайн выразил свои идеи в статье «Two Dogmas of Empiricism», перепечатанной в его книге: «From a Logical Point of View». Cambridge, Mass., 1953, p. 20–46.

разногласий между социологами по поводу правомерности постановки тех или иных научных проблем и методов их решения. Как история науки, так и личные знакомства заставили меня усомниться в том, что естествоиспытатели могут ответить на подобные вопросы более уверенно и более последовательно, чем их коллеги-социологи. Однако, как бы то ни было, практика научных исследований в области астрономии, физики, химии или биологии обычно не дает никакого повода для того, чтобы оспаривать самые основы этих наук, тогда как среди психологов или социологов это встречается сплошь и рядом. Попытки найти источник этого различия привели меня к осознанию роли в научном исследовании того, что я впоследствии стал называть «парадигмами». Под парадигмами я подразумеваю признанные всеми научные достижения, которые в течение определенного времени дают научному сообществу модель постановки проблем и их решений. Как только эта часть моих трудностей нашла свое решение, быстро возник первоначальный набросок этой книги.

Нет необходимости рассказывать здесь всю последующую историю работы над этим первоначальным наброском. Несколько слов следует лишь сказать о его форме, которую он сохранил после всех переработок. Еще до того, как первый вариант был закончен и в значительной степени исправлен, я предполагал, что рукопись выйдет в свет как том в серии «Унифицированная энциклопедия наук». Редакторы этой первой работы сначала стимулировали мои исследования, затем следили за их выполнением согласно программе и, наконец, с необычайным тактом и терпением ждали результата. Я многим обязан им, особенно Ч. Моррису за то, что он постоянно побуждал меня к работе над рукописью, и за полезные советы. Однако рамки «Энциклопедии» вынуждали излагать мои взгляды в весьма сжатой и схематичной форме. Хотя последующий ход событий в известной степени смягчил эти ограничения и представилась возможность одновременной публикации самостоятельного издания, эта работа остается все же скорее очерком, чем полноценной книгой, которую в конечном счете требует данная тема.

Поскольку основная цель для меня заключается в том, чтобы добиться изменения в восприятии и оценке хорошо известных всем фактов, постольку схематический характер этого первого труда не должен вызывать порицания. Напротив, читатели, подготовленные собственными исследованиями к такого рода изменению ориентации, необходимость которой я отстаиваю в своей работе, возможно, найдут ее форму и в большей мере наводящей на размышления, и более легкой для восприятия. Но форма краткого очерка имеет также и недостатки, и они могут оправдать то, что я в самом начале показываю некоторые возможные пути к расширению границ и углублению исследования, которые я надеюсь использовать в дальнейшем. Можно было бы привести гораздо больше исторических фактов, чем те, которые я упоминаю в книге. Кроме того, из истории биологии можно подобрать не меньше фактических данных, чем из истории физических наук. Мое решение ограничиться здесь исключительно последними продиктовано частично желанием достигнуть наибольшей связности текста, частично стремлением не выходить за рамки своей компетенции. Кроме того, представление о науке, которое должно быть здесь развито, предполагает потенциальную плодотворность множества новых видов как исторических, так и социологических исследований. Например, вопрос о том, каким образом аномалии в науке и отклонения от ожидаемых результатов все более привлекают внимание научного сообщества, требует детального изучения, так же, как и возникновение кризисов, которые могут быть вызваны неоднократными неудачными попытками преодолеть аномалию. Если я прав в том, что каждая научная революция меняет историческую перспективу для сообщества, которое переживает эту революцию, то такое изменение перспективы должно влиять на структуру учебников и исследовательских публикаций после этой научной революции. Одно такое следствие – а именно изменение в цитировании специальной литературы в научно-исследовательских публикациях, – вероятно, необходимо рассматривать как возможный симптом научных революций.

Необходимость крайне сжатого изложения вынуждала меня также отказаться от обсуждения ряда важных проблем. Например, мое различение допарадигмальных и постпарадигмальных периодов в развитии науки слишком схематично. Каждая из школ, конкуренция между которыми характерна для более раннего периода, руководствуется чем-то весьма напоминающим парадигму; бывают обстоятельства (хотя, как я думаю, довольно редко), при которых две парадигмы могут мирно сосуществовать в более поздний период. Одно лишь обладание парадигмой нельзя считать вполне достаточным критерием того переходного периода в развитии, который рассматривается во II разделе. Более важно то, что я ничего не сказал, если не считать коротких и немногочисленных отступлений, о роли технического прогресса или внешних социальных, экономических и интеллектуальных условий в развитии наук. Достаточно, однако, обратиться к Копернику и к способам составления календарей, чтобы убедиться в том, что внешние условия могут способствовать превращению простой аномалии в источник острого кризиса. На том же самом примере можно было бы показать, каким образом условия, внешние по отношению к науке, могут оказать влияние на ряд альтернатив, которые имеются в распоряжении ученого, стремящегося преодолеть кризис путем предложения той или иной революционной реконструкции знания[4]. Подробное рассмотрение такого рода следствий научной революции не изменило бы, я думаю, главных положений, развитых в данной работе, но оно наверняка добавило бы аналитический аспект, имеющий первостепенное значение для понимания прогресса науки.

Наконец (и возможно, что это самое важное), ограничения, связанные с недостатком места, помешали вскрыть философское значение того исторически ориентированного образа науки, который вырисовывается в настоящем очерке. Несомненно, что этот образ имеет скрытый философский смысл, и я постарался по возможности указать на него и вычленить его основные аспекты. Правда, поступая таким образом, я обычно воздерживался от подробного рассмотрения различных позиций, на которых стоят современные философы при обсуждении соответствующих проблем. Мой скептицизм, там, где он проявляется, относится скорее к философской позиции вообще, чем к какому-либо из четко развитых направлений в философии. Поэтому у некоторых из тех, кто хорошо знает одно из этих направлений и работает в его рамках, может сложиться впечатление, что я упустил из виду их точку зрения. Думаю, что они будут не правы, но эта работа не рассчитана на то, чтобы переубедить их. Чтобы попытаться это сделать, нужно было бы написать книгу более внушительного объема и вообще совсем иную.

Я начал это предисловие с некоторых автобиографических сведений с целью показать, чем я более всего обязан как работам ученых, так и организациям, которые способствовали формированию моего мышления. Остальные пункты, по которым я тоже считаю себя должником, я постараюсь отразить в настоящей работе путем цитирования. Но все это может дать только слабое представление о той глубокой личной признательности множеству людей, которые когда-либо советом или критикой поддерживали или направляли мое интеллектуальное развитие. Прошло слишком много времени с тех пор, как идеи данной книги начали приобретать более или менее отчетливую форму. Список всех тех, кто мог бы обнаружить в этой работе печать своего влияния, почти совпадал бы с кругом моих друзей

[4] Эти факторы рассматриваются в книге: T.S. Kuhn. The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought. Cambridge, Mass., 1957, p. 122–132, 270–271. Другие воздействия внешних интеллектуальных и экономических условий на собственно научное развитие иллюстрируются в моих статьях: «Conservation of Energy as an Example of Simultaneous Discovery». – «Critical Problems in the History of Science», ed. M. Clagett. Madison, Wis., 1959, p. 321–356; «Engineering Precedent for the Work of Sadi Carnot». – «Archives internationales d'histoire des sciences», XIII (1960), p. 247–251; «Sadi Carnot and the Cagnard Engine». – «Isis», LII (1961), p. 567–574. Следовательно, я считаю роль внешних факторов минимальной лишь в отношении проблем, обсуждаемых в этом очерке.

и знакомых. Учитывая эти обстоятельства, я вынужден упомянуть лишь о тех, чье влияние столь значительно, что его нельзя упустить из виду даже при плохой памяти.

Я должен назвать Джеймса В. Конанта, бывшего в то время ректором Гарвардского университета, который первый ввел меня в историю науки и таким образом положил начало перестройке моих представлений о природе научного прогресса. Уже с самого начала он щедро делился идеями, критическими замечаниями и не жалел времени, чтобы прочитать первоначальный вариант моей рукописи и предложить важные изменения. Еще более активным собеседником и критиком в продолжение тех лет, когда мои идеи начали вырисовываться, был Леонард К. Неш, с которым я в течение 5 лет совместно вел основанный д-ром Конантом курс по истории науки. На более поздних стадиях развития моих идей мне очень не хватало поддержки Л.К. Неша. К счастью, однако, после моего ухода из Кембриджа его роль стимулятора творческих поисков взял на себя мой коллега из Беркли Стэнли Кейвелл. Кейвелл, философ, который интересовался главным образом этикой и эстетикой и пришел к выводам, во многом совпадающим с моими собственными, был для меня постоянным источником стимулирования и поощрения. Более того, он был единственным человеком, который понимал меня с полуслова. Подобный способ общения свидетельствует о таком понимании, которое давало Кейвеллу возможность указать мне путь, на котором я мог бы миновать или обойти многие препятствия, встретившиеся в процессе подготовки первого варианта моей рукописи.

После того как первоначальный текст работы был написан, многие другие мои друзья помогли мне в его доработке. Они, я думаю, простят меня, если я назову из них только четверых, чье участие было наиболее значительным и решающим: П. Фейерабенд из Калифорнийского университета, Э. Нагель из Колумбийского университета, Г.Р. Нойес из Радиационной лаборатории Лоуренса и мой студент Дж. Л. Хейльброн, который часто работал непосредственно со мной в процессе подготовки окончательного варианта для печати. Я нахожу, что все их замечания и советы чрезвычайно полезны, но у меня нет основания думать (скорее есть некоторые причины сомневаться), что все, кого я упомянул выше, полностью одобряли рукопись в ее окончательном виде.

Наконец, моя признательность моим родителям, жене и детям существенно иного рода. Разными путями каждый из них также вложил частицу своего интеллекта в мою работу (причем так, что как раз мне труднее всего это оценить). Однако они также в различной степени сделали нечто еще более важное. Они не только одобряли меня, когда я начал работу, но и постоянно поощряли мое увлечение ею. Все, кто боролся за осуществление замысла подобных масштабов, сознают, каких усилий это стоит. Я не нахожу слов, чтобы выразить им свою благодарность.

Беркли, Калифорния
февраль, 1962
Т. С. К.

I
Введение. Роль истории

История, если ее рассматривать не просто как хранилище анекдотов и фактов, расположенных в хронологическом порядке, могла бы стать основой для решительной перестройки тех представлений о науке, которые сложились у нас к настоящему времени. Представления эти возникли (даже у самих ученых) главным образом на основе изучения готовых научных достижений, содержащихся в классических трудах или позднее в учебниках, по которым каждое новое поколение научных работников обучается практике своего дела. Но целью подобных книг по самому их назначению является убедительное и доступное изложение материала. Понятие науки, выведенное из них, вероятно, соответствует действительной практике научного исследования не более, чем сведения, почерпнутые из рекламных проспектов для туристов или из языковых учебников, соответствуют реальному образу национальной культуры. В предлагаемом очерке делается попытка показать, что подобные представления о науке уводят в сторону от ее магистральных путей. Его цель состоит в том, чтобы обрисовать хотя бы схематически совершенно иную концепцию науки, которая вырисовывается из исторического подхода к исследованию самой научной деятельности.

Однако даже из изучения истории новая концепция не возникнет, если продолжать поиск и анализ исторических данных главным образом для того, чтобы ответить на вопросы, поставленные в рамках антиисторического стереотипа, сформировавшегося на основе классических трудов и учебников. Например, из этих трудов часто напрашивается вывод, что содержание науки представлено только описываемыми на их страницах наблюдениями, законами и теориями. Как правило, вышеупомянутые книги понимаются таким образом, как будто научные методы просто совпадают с методикой подбора данных для учебника и с логическими операциями, используемыми для связывания этих данных с теоретическими обобщениями учебника. В результате возникает такая концепция науки, в которой содержится значительная доля домыслов и предвзятых представлений относительно ее природы и развития.

Если науку рассматривать как совокупность фактов, теорий и методов, собранных в находящихся в обращении учебниках, то в таком случае ученые – это люди, которые более или менее успешно вносят свою лепту в создание этой совокупности. Развитие науки при таком подходе – это постепенный процесс, в котором факты, теории и методы слагаются во все возрастающий запас достижений, представляющий собой научную методологию и знание. История науки становится при этом такой дисциплиной, которая фиксирует как этот последовательный прирост, так и трудности, которые препятствовали накоплению знания. Отсюда следует, что историк, интересующийся развитием науки, ставит перед собой две главные задачи. С одной стороны, он должен определить, кто и когда открыл или изобрел каждый научный факт, закон и теорию. С другой стороны, он должен описать и объяснить наличие массы ошибок, мифов и предрассудков, которые препятствовали скорейшему накоплению составных частей современного научного знания. Многие исследования так и осуществлялись, а некоторые и до сих пор преследуют эти цели.

Однако в последние годы некоторым историкам науки становится все более и более трудным выполнять те функции, которые им предписывает концепция развития науки через накопление. Взяв на себя роль регистраторов накопления научного знания, они обнаруживают, что чем дальше продвигается исследование, тем труднее, а отнюдь не легче бывает ответить на некоторые вопросы, например о том, когда был открыт кислород или кто первый обнаружил сохранение энергии. Постепенно у некоторых из них усиливается подозрение,

что такие вопросы просто неверно сформулированы и развитие науки – это, возможно, вовсе не простое накопление отдельных открытий и изобретений. В то же время этим историкам все труднее становится отличать «научное» содержание прошлых наблюдений и убеждений от того, что их предшественники с готовностью называли «ошибкой» и «предрассудком». Чем более глубоко они изучают, скажем, аристотелевскую динамику или химию и термодинамику эпохи флогистонной теории, тем более отчетливо чувствуют, что эти некогда общепринятые концепции природы не были в целом ни менее научными, ни более субъективистскими, чем сложившиеся в настоящее время. Если эти устаревшие концепции следует назвать мифами, то оказывается, что источником последних могут быть те же самые методы, а причины их существования оказываются такими же, как и те, с помощью которых в наши дни достигается научное знание. Если, с другой стороны, их следует называть научными, тогда оказывается, что наука включала в себя элементы концепций, совершенно несовместимых с теми, которые она содержит в настоящее время. Если эти альтернативы неизбежны, то историк должен выбрать последнюю из них. Устаревшие теории нельзя в принципе считать ненаучными только на том основании, что они были отброшены. Но в таком случае едва ли можно рассматривать научное развитие как простой прирост знания. То же историческое исследование, которое вскрывает трудности в определении авторства открытий и изобретений, одновременно дает почву глубоким сомнениям относительно того процесса накопления знаний, посредством которого, как думали раньше, синтезируются все индивидуальные вклады в науку.

Результатом всех этих сомнений и трудностей является начинающаяся сейчас революция в историографии науки. Постепенно, и часто до конца не осознавая этого, историки науки начали ставить вопросы иного плана и прослеживать другие направления в развитии науки, причем эти направления часто отклоняются от кумулятивной модели развития. Они не столько стремятся отыскать в прежней науке непреходящие элементы, которые сохранились до современности, сколько пытаются вскрыть историческую целостность этой науки в тот период, когда она существовала. Их интересует, например, не вопрос об отношении воззрений Галилея к современным научным положениям, а скорее отношение между его идеями и идеями его научного сообщества, то есть идеями его учителей, современников и непосредственных преемников в истории науки. Более того, они настаивают на изучении мнений этого и других подобных сообществ с точки зрения (обычно весьма отличающейся от точки зрения современной науки), признающей за этими воззрениями максимальную внутреннюю согласованность и максимальную возможность соответствия природе. Наука в свете работ, порождаемых этой новой точкой зрения (их лучшим примером могут послужить сочинения Александра Койре), предстает как нечто совершенно иное, нежели та схема, которая рассматривалась учеными с позиций старой историографической традиции. Во всяком случае, эти исторические исследования наводят на мысль о возможности нового образа науки. Данный очерк преследует цель охарактеризовать хотя бы схематично этот образ, выявляя некоторые предпосылки новой историографии.

Какие аспекты науки выдвинутся на первый план в результате этих усилий? Во-первых, хотя бы в предварительном порядке, следует указать на то, что для многих разновидностей научных проблем недостаточно одних методологических директив самих по себе, чтобы прийти к однозначному и доказательному выводу. Если заставить исследовать электрические или химические явления человека, не знающего этих областей, но знающего, что такое «научный метод» вообще, то он может, рассуждая вполне логически, прийти к любому из множества несовместимых между собой выводов. К какому именно из этих логичных выводов он придет, по всей вероятности, будет определено его прежним опытом в других областях, которые ему приходилось исследовать ранее, а также его собственным индивидуальным складом ума. Например, какие представления о звездах он использует для изу-

чения химии или электрических явлений? Какие именно из многочисленных экспериментов, возможных в новой для него области, он предпочтет выполнить в первую очередь? И какие именно аспекты сложной картины, которая выявится в результате этих экспериментов, будут производить на него впечатление особенно перспективных для выяснения природы химических превращений или сил электрических взаимодействий? Для отдельного ученого по крайней мере, а иногда точно так же и для научного сообщества, ответы на подобные вопросы часто весьма существенно определяют развитие науки. Например, во II разделе мы обратим внимание на то, что ранние стадии развития большинства наук характеризуются постоянным соперничеством между множеством различных представлений о природе. При этом каждое представление в той или иной мере выводится из данных научного наблюдения и предписаний научного метода, и все представления хотя бы в общих чертах не противоречат этим данным. Различаются же между собой школы не отдельными частными недостатками используемых методов (все они были вполне «научными»), а тем, что мы будем называть несоизмеримостью способов видения мира и практики научного исследования в этом мире. Наблюдение и опыт могут и должны резко ограничить контуры той области, в которой научное рассуждение имеет силу, иначе науки как таковой не будет. Но сами по себе наблюдения и опыт еще не могут определить специфического содержания науки. Формообразующим ингредиентом убеждений, которых придерживается данное научное сообщество в данное время, всегда являются личные и исторические факторы – элемент по видимости случайный и произвольный.

Наличие этого элемента произвольности не указывает, однако, на то, что любое научное сообщество могло бы заниматься своей деятельностью без некоторой системы общепринятых представлений. Не умаляет он и роли той совокупности фактического материала, на которой основана деятельность сообщества. Едва ли любое эффективное исследование может быть начато прежде, чем научное сообщество решит, что располагает обоснованными ответами на вопросы, подобные следующим: каковы фундаментальные сущности, из которых состоит универсум? Как они взаимодействуют друг с другом и с органами чувств? Какие вопросы ученый имеет право ставить в отношении таких сущностей и какие методы могут быть использованы для их решения? По крайней мере в развитых науках ответы (или то, что полностью заменяет их) на вопросы, подобные этим, прочно закладываются в процессе обучения, которое готовит студентов к профессиональной деятельности и дает право участвовать в ней. Рамки этого обучения строги и жестки, и поэтому ответы на указанные вопросы оставляют глубокий отпечаток на научном мышлении индивидуума. Это обстоятельство необходимо серьезно учитывать при рассмотрении особой эффективности нормальной научной деятельности и при определении направления, по которому она следует в данное время. Рассматривая в III, IV, V разделах нормальную науку, мы поставим перед собой цель в конечном счете описать исследование как упорную и настойчивую попытку навязать природе те концептуальные рамки, которые дало профессиональное образование. В то же время нас будет интересовать вопрос, может ли научное исследование обойтись без таких рамок, независимо от того, какой элемент произвольности присутствует в их исторических источниках, а иногда и в их последующем развитии.

Однако этот элемент произвольности имеет место и оказывает существенное воздействие на развитие науки, которое будет детально рассмотрено в VI, VII и VIII разделах. Нормальная наука, на развитие которой вынуждено тратить почти все свое время большинство ученых, основывается на допущении, что научное сообщество знает, каков окружающий нас мир. Многие успехи науки рождаются из стремления сообщества защитить это допущение, и если это необходимо – то и весьма дорогой ценой. Нормальная наука, например, часто подавляет фундаментальные новшества, потому что они неизбежно разрушают ее основные установки. Тем не менее до тех пор, пока эти установки сохраняют в себе элемент произ-

вольности, сама природа нормального исследования дает гарантию, что эти новшества не будут подавляться слишком долго. Иногда проблема нормальной науки, проблема, которая должна быть решена с помощью известных правил и процедур, не поддается неоднократным натискам даже самых талантливых членов группы, к компетенции которой она относится. В других случаях инструмент, предназначенный и сконструированный для целей нормального исследования, оказывается неспособным функционировать так, как это предусматривалось, что свидетельствует об аномалии, которую, несмотря на все усилия, не удается согласовать с нормами профессионального образования. Таким образом (и не только таким) нормальная наука сбивается с дороги все время. И когда это происходит – то есть когда специалист не может больше избежать аномалий, разрушающих существующую традицию научной практики, – начинаются нетрадиционные исследования, которые в конце концов приводят всю данную отрасль науки к новой системе предписаний (commitments), к новому базису для практики научных исследований. Исключительные ситуации, в которых возникает эта смена профессиональных предписаний, будут рассматриваться в данной работе как научные революции. Они являются дополнениями к связанной традициями деятельности в период нормальной науки, которые разрушают традиции.

Наиболее очевидные примеры научных революций представляют собой те знаменитые эпизоды в развитии науки, за которыми уже давно закрепилось название революций. Поэтому в IX и X разделах, где предпринимается непосредственный анализ природы научных революций, мы не раз встретимся с великими поворотными пунктами в развитии науки, связанными с именами Коперника, Ньютона, Лавуазье и Эйнштейна. Лучше всех других достижений, по крайней мере в истории физики, эти поворотные моменты служат образцами научных революций. Каждое из этих открытий необходимо обусловливало отказ научного сообщества от той или иной освященной веками научной теории в пользу другой теории, несовместимой с прежней. Каждое из них вызывало последующий сдвиг в проблемах, подлежащих тщательному научному исследованию, и в тех стандартах, с помощью которых профессиональный ученый определял, можно ли считать правомерной ту или иную проблему или закономерным то или иное ее решение. И каждое из этих открытий преобразовывало научное воображение таким образом, что мы в конечном счете должны признать это трансформацией мира, в котором проводится научная работа. Такие изменения вместе с дискуссиями, неизменно сопровождающими их, и определяют основные характерные черты научных революций.

Эти характерные черты с особой четкостью вырисовываются из изучения, скажем, революции, совершенной Ньютоном, или революции в химии. Однако те же черты можно найти (и в этом состоит одно из основных положений данной работы) при изучении других эпизодов в развитии науки, которые не имеют столь явно выраженного революционного значения. Для гораздо более узких профессиональных групп, научные интересы которых затронуло, скажем, создание электромагнитной теории, уравнения Максвелла были не менее революционны, чем теория Эйнштейна, и сопротивление их принятию было ничуть не слабее. Создание других новых теорий по понятным причинам вызывает такую же реакцию со стороны тех специалистов, чью область компетенции они затрагивают. Для этих специалистов новая теория предполагает изменение в правилах, которыми руководствовались ученые в практике нормальной науки до этого времени. Следовательно, новая теория неизбежно отражается на широком фронте научной работы, которую эти специалисты уже успешно завершили. Вот почему она, какой бы специальной ни была область ее приложения, никогда не представляет собой (или, во всяком случае, очень редко представляет) просто приращение к тому, что уже было известно. Усвоение новой теории требует перестройки прежней и переоценки прежних фактов, внутреннего революционного процесса, который редко оказывается под силу одному ученому и никогда не совершается в один день. Нет поэтому ничего

удивительного в том, что историкам науки бывает весьма затруднительно определить точно дату этого длительного процесса, хотя сама их терминология принуждает видеть в нем некоторое изолированное событие.

Кроме того, создание новых теорий не является единственной категорией событий в науке, вдохновляющих специалистов на революционные преобразования в областях, в которых эти теории возникают. Предписания, управляющие нормальной наукой, определяют не только те виды сущностей, которые включает в себя универсум, но, неявным образом, и то, чего в нем нет. Отсюда следует (хотя эта точка зрения требует более широкого обсуждения), что открытия, подобные открытию кислорода или рентгеновских лучей, не просто добавляют еще какое-то количество знания в мир ученых. В конечном счете это действительно происходит, но не раньше, чем сообщество ученых-профессионалов сделает переоценку значения традиционных экспериментальных процедур, изменит свое понятие о сущностях, с которым оно давно сроднилось, и в процессе этой перестройки внесет видоизменения и в теоретическую схему, сквозь которую оно воспринимает мир. Научный факт и теория в действительности не разделяются друг от друга непроницаемой стеной, хотя подобное разделение и можно встретить в традиционной практике нормальной науки. Вот почему непредвиденные открытия не представляют собой просто введения новых фактов. По этой же причине фундаментально новые факты или теории качественно преобразуют мир ученого в той же мере, в какой количественно обогащают его.

В дальнейшем мы подробнее остановимся на этом расширенном понятии природы научных революций. Известно, что всякое расширение понятия делает неточным его обычное употребление. Тем не менее я и дальше буду говорить даже об отдельных открытиях как о революционных, поскольку только таким образом можно сравнить их структуру с характером, скажем, коперниканской революции, что и делает, по моему мнению, это расширенное понятие важным. Предыдущее обсуждение показывает, каким образом будут рассмотрены дополняющие друг друга понятия нормальной науки и научных революций в девяти разделах, непосредственно следующих за данным. В остальных частях работы предпринимаются попытки осветить еще три кардинальных вопроса. В XI разделе путем обсуждения традиций учебников выясняется, почему раньше так трудно бывало констатировать наступление научной революции. XII раздел описывает соперничество между сторонниками старых традиций нормальной науки и приверженцами новых, которое характерно для периода научных революций. Таким образом, рассматривается процесс, который мог бы в какой-то мере заменить в теории научного исследования процедуры подтверждения или фальсификации, тесно связанные с нашим обычным образом науки. Конкуренция между различными группами научного сообщества является единственным историческим процессом, который эффективно приводит к отрицанию некоторой ранее общепринятой теории или к признанию другой. Наконец, в XIII разделе будет рассмотрен вопрос, каким образом развитие науки посредством революций может сочетаться с явно уникальным характером научного прогресса. Однако данный очерк предлагает не более чем основные контуры ответа на поставленный вопрос. Этот ответ зависит от описания основных свойств научного сообщества, для изучения которых потребуется еще много дополнительных усилий.

Нет никакого сомнения, что некоторых читателей уже интересовал вопрос, могут ли конкретные исторические исследования способствовать концептуальному преобразованию, которое является целью данной работы. Рассуждая формально, можно прийти к выводу, что историческими методами эта цель не может быть достигнута. История, как мы слишком часто говорим, является чисто описательной дисциплиной. А тезисы, предложенные выше, больше напоминают интерпретацию, а иногда имеют и нормативный характер. Кроме того, многие из моих обобщений касаются области социологии науки или социальной психологии ученых, хотя по крайней мере несколько из моих выводов выдержаны в традициях

логики или эпистемологии. Может даже показаться, что в предыдущем изложении я нарушил широко признанное в настоящее время разделение между «контекстом открытия» и «контекстом обоснования». Может ли это смешение различных областей науки и научных интересов породить что-либо, кроме путаницы?

Отвлекшись в своей работе от этого и других подобных им различений, я тем не менее вполне сознавал их важность и ценность. В течение многих лет я полагал, что они связаны с природой познания. Даже сейчас я полагаю, что при соответствующем уточнении они могут еще принести нам немалую пользу. Несмотря на это, результаты моих попыток применить их, даже grosso modo[5], к реальным ситуациям, в которых вырабатывается, одобряется и воспринимается знание, оказались в высшей степени проблематичными. Эти различения теперь представляются мне скорее составными частями традиционной системы ответов как раз на те вопросы, которые были поставлены специально для получения этих ответов. Прежнее представление о них как об элементарных логических или методологических различениях, которые должны таким образом предвосхитить анализ научного знания, оказывается менее правдоподобным. Получающийся при этом логический круг совсем не обесценивает эти различения. Но они становятся частями некоторой теории и поэтому должны быть подвергнуты такому же тщательному анализу, какой применяется к теориям в других областях науки. Если по своему содержанию они не просто чистые абстракции, тогда это содержание должно быть обнаружено рассмотрением их применительно к данным, которые они призваны освещать. И тогда разве история науки не может предоставить нам обильный материал, к которому будут адекватно применимы наши теории познания?

[5] в широком плане *(итал.)*.

II
На пути к нормальной науке

В данном очерке термин «нормальная наука» означает исследование, прочно опирающееся на одно или несколько прошлых научных достижений – достижений, которые в течение некоторого времени признаются определенным научным сообществом как основа для его дальнейшей практической деятельности. В наши дни такие достижения излагаются, хотя и редко в их первоначальной форме, учебниками – элементарными или повышенного типа. Эти учебники разъясняют сущность принятой теории, иллюстрируют многие или все ее удачные применения и сравнивают эти применения с типичными наблюдениями и экспериментами. До того как подобные учебники стали общераспространенными, что произошло в начале XIX столетия (а для вновь формирующихся наук даже позднее), аналогичную функцию выполняли знаменитые классические труды ученых: «Физика» Аристотеля, «Альмагест» Птолемея, «Начала» и «Оптика» Ньютона, «Электричество» Франклина, «Химия» Лавуазье, «Геология» Лайеля и многие другие. Долгое время они неявно определяли правомерность проблем и методов исследования каждой области науки для последующих поколений ученых. Это было возможно благодаря двум существенным особенностям этих трудов. Их создание было в достаточной мере беспрецедентным, чтобы привлечь на длительное время группу сторонников из конкурирующих направлений научных исследований. В то же время они были достаточно открытыми, чтобы новые поколения ученых могли в их рамках найти для себя нерешенные проблемы любого вида.

Достижения, обладающие двумя этими характеристиками, я буду называть далее «парадигмами», термином, тесно связанным с понятием «нормальной науки». Вводя этот термин, я имел в виду, что некоторые общепринятые примеры фактической практики научных исследований – примеры, которые включают закон, теорию, их практическое применение и необходимое оборудование, – все в совокупности дают нам модели, из которых возникают конкретные традиции научного исследования. Таковы традиции, которые историки науки описывают под рубриками «астрономия Птолемея (или Коперника)», «аристотелевская (или ньютонианская) динамика», «корпускулярная (или волновая) оптика» и так далее. Изучение парадигм, в том числе парадигм гораздо более специализированных, чем названные мною здесь в целях иллюстрации, является тем, что главным образом и подготавливает студента к членству в том или ином научном сообществе. Поскольку он присоединяется таким образом к людям, которые изучали основы их научной области на тех же самых конкретных моделях, его последующая практика в научном исследовании не часто будет обнаруживать резкое расхождение с фундаментальными принципами. Ученые, научная деятельность которых строится на основе одинаковых парадигм, опираются на одни и те же правила и стандарты научной практики. Эта общность установок и видимая согласованность, которую они обеспечивают, представляют собой предпосылки для нормальной науки, то есть для генезиса и преемственности в традиции того или иного направления исследования.

Поскольку в данном очерке понятие парадигмы будет часто заменять собой целый ряд знакомых терминов, необходимо особо остановиться на причинах введения этого понятия. Почему то или иное конкретное научное достижение как объект профессиональной приверженности первично по отношению к различным понятиям, законам, теориям и точкам зрения, которые могут быть абстрагированы из него? В каком смысле общепризнанная парадигма является основной единицей измерения для всех изучающих процесс развития науки? Причем эта единица как некоторое целое не может быть полностью сведена к логически атомарным компонентам, которые могли бы функционировать вместо данной пара-

дигмы. Когда мы столкнемся с такими проблемами в V разделе, ответы на эти и подобные им вопросы окажутся основными для понимания как нормальной науки, так и связанного с ней понятия парадигмы. Однако это более абстрактное обсуждение будет зависеть от предварительного рассмотрения примеров нормальной деятельности в науке или функционирования парадигм. В частности, оба эти связанные друг с другом понятия могут быть прояснены с учетом того, что возможен вид научного исследования без парадигм или по крайней мере без столь определенных и обязательных парадигм, как те, которые были названы выше. Формирование парадигмы и появление на ее основе более эзотерического типа исследования является признаком зрелости развития любой научной дисциплины.

Если историк проследит развитие научного знания о любой группе родственных явлений назад, в глубь времен, то он, вероятно, столкнется с повторением в миниатюре той модели, которая иллюстрируется в настоящем очерке примерами из истории физической оптики. Современные учебники физики рассказывают студентам, что свет представляет собой поток фотонов, то есть квантово-механических сущностей, которые обнаруживают некоторые волновые свойства и в то же время некоторые свойства частиц. Исследование протекает соответственно этим представлениям или скорее в соответствии с более разработанным и математизированным описанием, из которого выводится это обычное словесное описание. Данное понимание света имеет, однако, не более чем полувековую историю. До того как оно было развито Планком, Эйнштейном и другими в начале нашего века, в учебниках по физике говорилось, что свет представляет собой распространение поперечных волн. Это понятие являлось выводом из парадигмы, которая восходит в конечном счете к работам Юнга и Френеля по оптике, относящимся к началу XIX столетия. В то же время и волновая теория была не первой, которую приняли почти все исследователи оптики. В течение XVIII века парадигма в этой области основывалась на «Оптике» Ньютона, который утверждал, что свет представляет собой поток материальных частиц. В то время физики искали доказательство давления световых частиц, ударяющихся о твердые тела; ранние же приверженцы волновой теории вовсе не стремились к этому[6].

Эти преобразования парадигм физической оптики являются научными революциями, и последовательный переход от одной парадигмы к другой через революцию является обычной моделью развития зрелой науки. Однако эта модель не характерна для периода, предшествующего работам Ньютона, и мы должны здесь попытаться выяснить, в чем заключается причина этого различия. От глубокой древности до конца XVII века не было такого периода, для которого была бы характерна какая-либо единственная, общепринятая точка зрения на природу света. Вместо этого было множество противоборствующих школ и школок, большинство из которых придерживались той или другой разновидности эпикурейской, аристотелевской или платоновской теории. Одна группа рассматривала свет как частицы, испускаемые материальными телами; для другой свет был модификацией среды, которая находилась между телом и глазом; еще одна группа объясняла свет в терминах взаимодействия среды с излучением самих глаз. Помимо этих были другие варианты и комбинации этих объяснений. Каждая из соответствующих школ черпала силу в некоторых частных метафизических положениях, и каждая подчеркивала в качестве парадигмальных наблюдений именно тот набор свойств оптических явлений, который ее теория могла объяснить наилучшим образом. Другие наблюдения имели дело с разработками ad hoc[7] или откладывали нерешенные проблемы для дальнейшего исследования[8].

---

[6] J. Priestley. The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours, London, 1772, p. 385–390.

[7] Гипотетические построения, специально создаваемые для данного конкретного случая. – *Примеч. пер.*

[8] V. Ronchi. Histoire de la lumière. Paris, 1956, chaps. I–IV.

В различное время все эти школы внесли значительный вклад в совокупность понятий, явлений и технических средств, из которых Ньютон составил первую более или менее общепринятую парадигму физической оптики. Любое определение образа ученого, под которое не подходят по крайней мере наиболее творчески мыслящие члены этих различных школ, точно так же исключает и их современных преемников. Представители этих школ были учеными. И все же из любого критического обзора физической оптики до Ньютона можно вполне сделать вывод, что, хотя исследователи данной области были учеными, чистый результат их деятельности не в полной мере можно было бы назвать научным. Не имея возможности принять без доказательства какую-либо общую основу для своих научных убеждений, каждый автор ощущал необходимость строить физическую оптику заново, начиная с самых основ. В силу этого он выбирал эксперименты и наблюдения в поддержку своих взглядов относительно свободно, ибо не было никакой стандартной системы методов или явлений, которую каждый пишущий работу по оптике должен был применять и объяснять. В таких условиях авторы трудов по оптике апеллировали к представителям других школ ничуть не меньше, чем к самой природе. Такое положение нередко встречается во многих областях научного творчества и по сей день; в нем нет ничего такого, что делало бы его несовместимым с важными открытиями и изобретениями. Однако это не та модель развития науки, которой физическая оптика стала следовать после Ньютона и которая вошла в наши дни в обиход и других естественных наук.

История исследования электрических явлений в первой половине XVIII века дает более конкретный и более известный пример того, каким образом развивается наука, прежде чем выработает свою первую всеми признанную парадигму. В течение этого периода было почти столько же мнений относительно природы электричества, сколько и выдающихся экспериментаторов в этой области, включая таких, как Хауксби, Грей, Дезагюльe, Дюфе, Ноллет, Уотсон, Франклин и другие. Все их многочисленные концепции электричества имели нечто общее – в известной степени они вытекали из того или иного варианта корпускулярно-механической философии, которой руководствовались все научные исследования того времени. Кроме того, они были компонентами действительно научных теорий – теорий, которые частично были рождены экспериментом и наблюдением и которые отчасти сами детерминировали выбор и интерпретацию дальнейших проблем, подлежащих исследованию. Несмотря на то что все эксперименты были направлены на изучение электрических явлений и большинство экспериментаторов были знакомы с работами своих коллег, их теории имели друг с другом лишь весьма общее сходство[9].

Одна ранняя группа теорий, следуя практике XVII–XVIII веков, рассматривала притяжение и электризацию трением как основные электрические явления. Эта группа была склонна истолковывать отталкивание как вторичный эффект, обусловленный некоторым видом механического взаимодействия, и, кроме того, откладывать насколько возможно как обсуждение, так и систематическое исследование открытого Греем эффекта электрической проводимости. Другие «электрики» (как они сами себя называли) рассматривали притяжение и отталкивание как в равной мере элементарные проявления электричества и соответственно модифицировали свои теории и исследования. (Фактически эта группа была удивительно немногочисленна; даже теория Франклина никогда полностью не учитывала

[9] D. Roller and D.H.D. Roller. The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb («Harvard Case Histories in Experimental Science», Case 8, Cambridge, Mass., 1954); I.B. Cohen. Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof. Philadelphia, 1956, chaps. VII–XII. Некоторыми деталями анализа в данном разделе я обязан еще не опубликованной статье моего студента Джона Л. Хейлброна. Пока эта работа не напечатана, более подробное и строгое, чем здесь, изложение того, как возникла парадигма Франклина, можно найти в: T.S. Kuhn. The Function of Dogma in Scientific Research, in: A.C. Crombie (ed.), «Symposium on the History of Science». University of Oxford, July 9–15, 1961. Heinemann Educational Books, Ltd.

взаимное отталкивание двух отрицательно заряженных тел.) Но и эти исследователи, как и члены первой группы, сталкивались со многими трудностями при анализе и сопоставлении всех (кроме самых простейших) явлений, связанных с электропроводностью. Однако электропроводность стала исходной точкой еще для одной, третьей группы исследователей, склонной говорить об электричестве как о «флюиде», который мог протекать через проводники. Эту точку зрения они противопоставляли представлению об «истекании», источником которого служат тела, не проводящие электричества. Но в то же время этой группе также трудно было согласовать свою теорию с рядом эффектов отталкивания и притяжения. Только благодаря работам Франклина и его ближайших последователей была создана теория, которая смогла, можно сказать, с одинаковой легкостью учесть почти все без исключения эффекты и, следовательно, могла обеспечить и действительно обеспечила последующее поколение «электриков» общей парадигмой для их исследований.

Если не считать дисциплин, подобных математике и астрономии, в которых первые прочные парадигмы относятся к периоду их предыстории, а также тех дисциплин, которые, подобно биохимии, возникают в результате разделения и перестройки уже сформировавшихся отраслей знания, ситуации, описанные выше, типичны в историческом плане. Поэтому и в дальнейшем я буду использовать это, может быть, не очень удачное упрощение, то есть символизировать значительное историческое событие из истории науки единственным и в известной мере произвольно выбранным именем (например, Ньютон или Франклин). При этом я полагаю, что фундаментальные разногласия, подобные рассмотренным, характеризовали, например, учение о движении до Аристотеля и статику до Архимеда, учение о теплоте до Блэка, химию до Бойля и Бургаве или историческую геологию до Геттона. В таких разделах биологии, как, например, учение о наследственности, первые парадигмы появились в самое последнее время; и остается полностью открытым вопрос, имеются ли такие парадигмы в каких-либо разделах социологии. История наводит на мысль, что путь к прочному согласию в исследовательской работе необычайно труден.

Тем не менее история указывает и на некоторые причины трудностей, встречающихся на этом пути. За неимением парадигмы или того, что предположительно может выполнить ее роль, все факты, которые могли бы, по всей вероятности, иметь какое-то отношение к развитию данной науки, выглядят одинаково уместными. В результате первоначальное накопление фактов является деятельностью, гораздо в большей мере подверженной случайностям, чем деятельность, которая становится привычной в ходе последующего развития науки. Более того, если нет причины для поисков какой-то особой формы более специальной информации, то накопление фактов в этот ранний период обычно ограничивается данными, всегда находящимися на поверхности. В результате этого процесса образуется некоторый фонд фактов, часть из которых доступна простому наблюдению и эксперименту, а другие являются более эзотерическими и заимствуются из таких уже ранее существовавших областей практической деятельности, как медицина, составление календарей или металлургия. Поскольку эти практические области являются легко доступным источником фактов, которые не могут быть обнаружены поверхностным наблюдением, техника часто играла жизненно важную роль в возникновении новых наук.

Но хотя этот способ накопления фактов был существенным для возникновения многих важных наук, каждый, кто ознакомится, например, с энциклопедическими работами Плиния или с естественными «историями» Бэкона, написанными в XVII веке, обнаружит, что данный способ давал весьма путаную картину. Даже сомнительно называть подобного рода литературу научной. Бэконовские «истории» теплоты, цвета, ветра, горного дела и так далее наполнены информацией, часть которой малопонятна. Но главное, что здесь факты, которые позднее оказались объясненными (например, нагревание с помощью смешивания), поставлены в один ряд с другими (например, нагревание кучи навоза), которые в течение

определенного времени оставались слишком сложными, чтобы их можно было включить в какую бы то ни было целостную теорию[10]. Кроме того, поскольку любое описание неизбежно неполно, древняя естественная история обычно упускает в своих неимоверно обстоятельных описаниях как раз те детали, в которых позднее учеными будет найден ключ к объяснению. Например, едва ли хотя бы одна из ранних «историй» электричества упоминает о том, что мелкие частички, притянутые натертой стеклянной палочкой, затем опадают. Этот эффект казался поначалу механическим, а не электрическим[11]. Более того, поскольку само собирание случайных наблюдений не оставляло времени и не давало метода для критики, естественные истории часто совмещали описания вроде тех, которые приведены выше, с другими, скажем, описаниями нагревания посредством антиперистасиса (или охлаждения), которые сейчас ни в какой мере не подтверждаются[12]. Лишь очень редко, как, например, в случае античной статики, динамики и геометрической оптики, факты, собранные при столь незначительном руководстве со стороны ранее созданной теории, достаточно определенно дают основу для возникновения начальной парадигмы.

Такова обстановка, которая создает характерные для ранних стадий развития науки черты школ. Никакую естественную историю нельзя интерпретировать, если отсутствует хотя бы в неявном виде переплетение теоретических и методологических предпосылок, принципов, которые допускают отбор, оценку и критику фактов. Если такая основа присутствует уже в явной форме в собрании фактов (в этом случае мы располагаем уже чем-то большим, нежели просто факты), она должна быть подкреплена извне, может быть с помощью обыденной философии, или посредством другой науки, или посредством установок личного или общественно-исторического плана. Неудивительно поэтому, что на ранних стадиях развития любой науки различные исследователи, сталкиваясь с одними и теми же категориями явлений, далеко не всегда одни и те же специфические явления описывают и интерпретируют одинаково. Можно признать удивительным и даже в какой-то степени уникальным именно для науки как особой области, что такие первоначальные расхождения впоследствии исчезают.

Ибо они действительно исчезают, сначала в весьма значительной степени, а затем и окончательно. Более того, их исчезновение обычно вызвано триумфом одной из допарадигмальных школ, которая в силу ее собственных характерных убеждений и предубеждений делает упор только на некоторой особой стороне весьма обширной по объему и бедной по содержанию информации. Те исследователи электрических явлений, которые считали электричество флюидом и, следовательно, делали особое ударение на проводимости, дают этому великолепный пример. Руководствуясь этой концепцией, которая едва ли могла охватить известное к этому времени многообразие эффектов притяжения и отталкивания, некоторые из них выдвигали идею заключения «электрической жидкости» в сосуд. Непосредственным результатом их усилий стало создание лейденской банки, прибора, которого никогда не сделал бы человек, исследующий природу вслепую или наугад, и который был создан по крайней мере двумя исследователями в начале 40-х годов XVIII века фактически независимо друг от друга[13]. Почти с самого начала исследований в области электричества Франклин особенно заинтересовался объяснением этого странного и многообещающего вида специ-

---

[10] Ср. набросок естественной истории теплоты в «Новом Органоне» Бэкона: Ф. Бэкон. Соч. в 2-х томах. «Мысль», М., 1972, т. 2.

[11] D. Roller and D.H. Roller. Op. cit., p. 14, 22, 28, 43. Только после работы, указанной у Роллеров на стр. 43, стал общепризнанным тот факт, что эффекты отталкивания имеют, без сомнения, электрическую природу.

[12] Ф. Бэкон говорит: «Так, слегка теплая вода легче замерзнет, чем совершенно холодная…» (Ф. Бэкон. Соч., т. 2, стр. 212.) Частичное рассмотрение ранней истории этого странного наблюдения см. в: M. C1agett. Giovanni Marliani and Late Medieval Physics, N. Y., 1941, chap. IV.

[13] D. Roller and D.H.Roller. Op. cit., p. 51–54.

альной аппаратуры. Его успех в этом объяснении дал ему самые эффективные аргументы, которые сделали его теорию парадигмой, хотя и такой, которая все еще была неспособна полностью охватить все известные случаи электрического отталкивания[14]. Принимаемая в качестве парадигмы теория должна казаться лучшей, чем конкурирующие с ней другие теории, но она вовсе не обязана (и фактически этого никогда не бывает) объяснять все факты, которые могут встретиться на ее пути.

Ту же роль, которую сыграла флюидная теория электричества в судьбе подгруппы ученых, придерживающихся этой теории, сыграла позднее и парадигма Франклина в судьбе всей группы ученых, исследовавших электрические явления. Благодаря этой теории можно было заранее предположить, какие эксперименты стоит проводить и какие эксперименты не могли иметь существенного значения, поскольку были направлены на вторичные или слишком сложные проявления электричества. Только парадигма могла сделать такую работу по отбору экспериментов более эффективной. Частично это объясняется тем, что прекращение бесплодных споров между различными школами пресекало и бесконечные дискуссии по поводу основных принципов. Кроме того, уверенность в том, что они на правильном пути, побуждала ученых к более тонкой, эзотерической работе, к исследованию, которое требовало много сил и времени[15]. Не отвлекаясь на изучение каждого электрического явления, сплотившаяся группа исследователей смогла затем сосредоточить внимание на более детальном изучении избранных явлений. Кроме того, она получила возможность для создания многих специальных приборов и более систематического, целенаправленного их использования, чем кто-либо из ученых, делавших это ранее. Соответственно возрастала эффективность и продуктивность исследований по электричеству, подтверждая тем самым возможность распространить на общество проницательное методологическое изречение Фрэнсиса Бэкона: «Истина все же скорее возникает из заблуждения, чем из неясности…»[16].

Природу этих в высшей степени направленных, основанных на парадигме исследований мы рассмотрим в следующем разделе. Однако, забегая вперед, необходимо хотя бы кратко отметить, каким образом возникновение парадигмы воздействует на структуру группы, разрабатывающей ту или иную область науки. Когда в развитии естественной науки отдельный ученый или группа исследователей впервые создают синтетическую теорию, способную привлечь большинство представителей следующего поколения исследователей, прежние школы постепенно исчезают. Исчезновение этих школ частично обусловлено обращением их членов к новой парадигме. Но всегда остаются ученые, верные той или иной устаревшей точке зрения. Они просто выпадают из дальнейших совокупных действий представителей их профессии, которые с этого времени игнорируют все их усилия. Новая парадигма предполагает и новое, более четкое определение области исследования. И те, кто не расположен или не может приспособить свою работу к новой парадигме, должны перейти в другую группу, в противном случае они обречены на изоляцию[17].

---

[14] О трудных случаях взаимного отталкивания отрицательно заряженных тел см.: Cohen. Op. cit., p. 491–494, 531–543.

[15] Следует отметить, что принятие теории Франклина не положило конец дискуссиям. В 1759 году Роберт Саймер предложил двуфлюидный вариант этой теории, и много лет спустя исследователи электрических явлений расходились во взглядах по вопросу, является ли электричество одно– или двуфлюидным. Но обсуждение этого вопроса лишь подтверждает то, что говорилось выше относительно того, каким образом универсально признанные достижения науки приводят к объединению ученых. Исследователи электричества, расходясь по-прежнему во мнениях по данному вопросу, быстро пришли к выводу, что не может быть такого эксперимента, который мог бы различить два варианта теории, и следовательно, они эквивалентны. После этого обе школы получили и реализовали возможность пользоваться всеми преимуществами теории Франклина (ibid., p. 543–546, 548–554).

[16] Ф. Бэкон. Соч., т. 2, стр. 117.

[17] История электричества дает превосходные примеры, которых можно привести и в два раза больше, если исследовать деятельность Пристли, Кельвина и др. Франклин сообщает, что Ноллет, наиболее влиятельный из континентальных исследователей электричества середины века, «жил, считая себя последним в своей «секте», за исключением мистера Б., его лучшего и ближайшего ученика» (M. Farrand (ed.), Benjamin Franklin's Memoirs. Berkeley, Calif., 1949, p. 384–386). Еще

Исторически они так и оставались зачастую в лабиринтах философии, которая в свое время дала жизнь стольким специальным наукам. Эти соображения наводят на мысль, что именно благодаря принятию парадигмы группа, интересовавшаяся ранее изучением природы из простого любопытства, становится профессиональной, а предмет ее интереса превращается в научную дисциплину. В науке (правда, не в таких областях, как медицина, технические науки, юриспруденция, принципиальное raison d'être[18] которых обеспечено социальной необходимостью) с первым принятием парадигмы связаны создание специальных журналов, организация научных обществ, требования о выделении специального курса в академическом образовании. По крайней мере так обстоит дело в течение последних полутора веков, с тех пор как научная специализация впервые начала приобретать институциональную форму, и до настоящего времени, когда степень специализации стала вопросом престижа ученых.

Более четкое определение научной группы имеет и другие последствия. Когда отдельный ученый может принять парадигму без доказательства, ему не приходится в своей работе перестраивать всю область заново, начиная с исходных принципов, и оправдывать введение каждого нового понятия. Это можно предоставить авторам учебников. Однако при наличии учебника творчески мыслящий ученый может начать свое исследование там, где оно остановилось, и, таким образом, сосредоточиться исключительно на самых тонких и эзотерических явлениях природы, которые интересуют его группу. Поступая так, ученый участвует прежде всего в изменении методов, эволюция которых слишком мало изучена, но современные результаты их использования очевидны для всех и сковывают инициативу многих. Результаты его исследования не будут больше излагаться в книгах, адресованных, подобно «Экспериментам… по электричеству» Франклина или «Происхождению видов» Дарвина, всякому, кто заинтересуется предметом их исследования. Вместо этого они, как правило, выходят в свет в виде коротких статей, предназначенных только для коллег-профессионалов, только для тех, кто предположительно знает парадигму и оказывается в состоянии читать адресованные ему статьи.

В современных естественных науках книги представляют собой либо учебники, либо ретроспективные размышления о том или ином аспекте научной жизни. Профессиональная репутация ученого, который пишет книгу, может не повыситься, а упасть вопреки его ожиданиям. Лишь на ранних, допарадигмальных стадиях развития наук книга обычно выражала то же самое отношение к профессиональным достижениям, которое она все еще сохраняет в некоторых областях творчества. И только в тех областях, где книга наряду со статьями или без них остается по-прежнему средством коммуникации между исследователями, пути профессионализации обрисовываются столь расплывчато, что любитель может льстить себя надеждой, будто он следит за прогрессом, читая подлинные сообщения ученых-исследователей. В математике и астрономии исследовательские сообщения перестали быть понятными для широкой аудитории уже в античности. В динамике исследование приблизилось к эзотерическому типу в конце средних веков и вновь обрело более или менее понятную для всех форму, правда, на короткий период, в начале XVII века, когда новая парадигма заменила ту парадигму, которой динамика руководствовалась в эпоху средневековья. Исследования электрических явлений потребовали их истолкования для непрофессионалов к концу XVIII века,

---

интереснее наблюдать стойкость целых школ, все более и более изолирующихся от профессиональной науки. Примером тому служит астрология, бывшая в свое время частью астрономии. Можно обратить внимание также на продолжение в конце XVIII – начале XIX веков бывшей прежде респектабельной традиции «романтической химии». Эта традиция рассматривается в: Ch. C. Gi11ispie. The Encyclopédie and the Jacobin Philosophy of Science: A Study in Ideas and Consequences. – «Critical Problems in the History of Science», ed. M. Clagett, Madison, Wis., 1959, p. 255–289; The Formation of Lamarck's Evolutionary Theory. – «Archives internationales d'histoire des sciences», XXXVII, 1956, p. 323–338.

[18] основание для существования (*фр.*).

а большинство других областей физической науки перестали быть понятными для широкого читателя в XIX веке. В течение тех же двух столетий подобные преобразования можно было наблюдать и в различных разделах биологических наук. В социальных науках с ними можно встретиться и сегодня. Хотя становятся привычными и вполне уместными сожаления по поводу углубления пропасти, все больше разделяющей профессионального ученого и его коллег в других областях, слишком мало внимания уделяется взаимосвязи между этим процессом углубления пропасти и внутренними механизмами развития науки.

С доисторических времен одна наука вслед за другой переходили границу между тем, что историк может назвать предысторией данной науки как науки, и собственно ее историей. Эти переходы в стадии зрелости редко бывают такими внезапными и такими явными, как я представил их в своем вынужденно схематическом изложении. Но с исторической точки зрения они не были и постепенными и не могут рассматриваться как соизмеримые по длительности с общим развитием тех областей науки, в пределах которых они совершаются. Те ученые, которые писали об электричестве в течение первых четырех десятилетий XVIII века, располагали значительно большей информацией об электрических явлениях, чем их предшественники в XVI–XVII веках. В течение полувека после 1740 года к спискам этих явлений было добавлено лишь немного данных. Тем не менее в ряде важных моментов работы Кавендиша, Кулона, Вольты по электричеству в последней трети XVIII века выглядят более ушедшими вперед по сравнению с работами Грея, Дюфе и даже Франклина, чем работы этих первооткрывателей в области электричества начала XVIII века по сравнению с подобными исследованиями в XVI веке[19]. Где-то между 1740 и 1780 годами исследователи электрических явлений впервые оказались в состоянии принять основания своей области без доказательств. С этого момента они охотнее обращались к более конкретным и специальным проблемам и все чаще стали публиковать результаты своих исследований в статьях, предназначенных для других исследователей в области электричества, предпочитая такой способ коммуникации книгам, адресованным широкому кругу читателей. Образовав особую научную группу, они достигли того, чего добились астрономы античного мира, специалисты в области кинематики в средние века, физической оптики в конце XVII века и исторической геологии в начале XIX столетия. Иными словами, они пришли к парадигме, которая оказалась способной направлять исследование всей группы в целом. Трудно найти другой критерий (если не считать преимуществ ретроспективного взгляда), который бы так ясно и непосредственно подтверждал, что данная отрасль знаний стала наукой.

[19] Разработка проблем электричества после Франклина отмечена значительным возрастанием чувствительности приборов для измерения величины электрических зарядов, появлением и повсеместным распространением надежных методов измерения зарядов, развитием понятия емкости и его соотношением с заново уточненным понятием электрического напряжения, а также количественным выражением электрической силы. Обо всем этом см.: D. Roller and D.H.D. Roller. Op. cit., p. 66–81; W.C. Walker. The Detection and Estimation of Electric Charges in the Eighteenth Century. – «Annals of Science», I, 1936, p. 66–100; E. Hoppe. Geschichte der Elektrizität Leipzig, 1884, Part. I, chaps. III–IV.

III
Природа нормальной науки

Какова же тогда природа более профессионального и эзотерического исследования, которое становится возможным после принятия группой ученых единой парадигмы? Если парадигма представляет собой работу, которая сделана однажды и для всех, то спрашивается, какие проблемы она оставляет для последующего решения данной группе? Эти вопросы будут представляться тем более безотлагательными, если мы укажем, в каком отношении использованные нами до сих пор термины могут привести к недоразумению. В своем установившемся употреблении понятие парадигмы означает принятую модель или образец; именно этот аспект значения слова «парадигма» за неимением лучшего позволяет мне использовать его здесь. Но, как вскоре будет выяснено, смысл слов «модель» и «образец», подразумевающих соответствие объекту, не полностью покрывает определение парадигмы. В грамматике, например, «amo, amas, amat»[20] есть парадигма, поскольку эту модель можно использовать как образец, по которому спрягается большое число латинских глаголов: например, таким же образом можно образовать формы «laudo, laudas, laudat»[21] и т. д. В этом стандартном применении парадигма функционирует в качестве разрешения на копирование примеров, каждый из которых может в принципе ее заменить. В науке, с другой стороны, парадигма редко является объектом копирования. Вместо этого, подобно принятому судом решению в рамках общего закона, она представляет собой объект для дальнейшей разработки и конкретизации в новых или более трудных условиях.

Чтобы увидеть, как это оказывается возможным, нам следует представить, насколько ограниченной и по охвату, и по точности может быть иногда парадигма в момент своего появления. Парадигмы приобретают свой статус потому, что их использование приводит к успеху скорее, чем применение конкурирующих с ними способов решения некоторых проблем, которые исследовательская группа признает в качестве наиболее остро стоящих. Однако успех измеряется не полной удачей в решении одной проблемы и не значительной продуктивностью в решении большого числа проблем. Успех парадигмы, будь то аристотелевский анализ движения, расчеты положения планет у Птолемея, применение весов Лавуазье или математическое описание электромагнитного поля Максвеллом, вначале представляет собой в основном открывающуюся перспективу успеха в решении ряда проблем особого рода. Заранее неизвестно исчерпывающе, каковы будут эти проблемы. Нормальная наука состоит в реализации этой перспективы по мере расширения частично намеченного в рамках парадигмы знания о фактах. Реализация указанной перспективы достигается также благодаря все более широкому сопоставлению этих фактов с предсказаниями на основе парадигмы и благодаря дальнейшей разработке самой парадигмы.

Немногие из тех, кто фактически не принадлежит к числу исследователей в русле зрелой науки, осознают, как много будничной работы такого рода осуществляется в рамках парадигмы или какой привлекательной может оказаться такая работа. А это следовало бы понимать. Именно наведением порядка занято большинство ученых в ходе их научной деятельности. Вот это и составляет то, что я называю здесь нормальной наукой. При ближайшем рассмотрении этой деятельности (в историческом контексте или в современной лаборатории) создается впечатление, будто бы природу пытаются «втиснуть» в парадигму, как в заранее сколоченную и довольно тесную коробку. Цель нормальной науки ни в коей мере не

[20] люблю, любишь, любит *(лат.)*.

[21] хвалю, хвалишь, хвалит *(лат.)*.

требует предсказания новых видов явлений: явления, которые не вмещаются в эту коробку, часто, в сущности, вообще упускаются из виду. Ученые в русле нормальной науки не ставят себе цели создания новых теорий, обычно к тому же они нетерпимы и к созданию таких теорий другими[22]. Напротив, исследование в нормальной науке направлено на разработку тех явлений и теорий, существование которых парадигма заведомо предполагает.

Возможно, что это следует отнести к числу недостатков. Конечно, области, исследуемые нормальной наукой, невелики, и все предприятие нормального исследования, которое мы сейчас обсуждаем, весьма ограниченно. Но эти ограничения, рождающиеся из уверенности в парадигме, оказываются существенными для развития науки. Концентрируя внимание на небольшой области относительно эзотерических проблем, парадигма заставляет ученых исследовать некоторый фрагмент природы так детально и глубоко, как это было бы немыслимо при других обстоятельствах. И нормальная наука располагает собственным механизмом, позволяющим ослабить эти ограничения, которые дают о себе знать в процессе исследования всякий раз, когда парадигма, из которой они вытекают, перестает служить эффективно. С этого момента ученые начинают менять свою тактику. Изменяется и природа исследуемых ими проблем. Однако до этого момента, пока парадигма успешно функционирует, профессиональное сообщество будет решать проблемы, которые его члены едва ли могли вообразить и, во всяком случае, никогда не могли бы решить, если бы не имели парадигмы. И по крайней мере часть этих достижений всегда остается в силе.

Чтобы показать более ясно, что представляет собой нормальное, или основанное на парадигме, исследование, я попытаюсь классифицировать и иллюстрировать проблемы, которые в принципе подразумевает нормальная наука. Для удобства я оставлю в стороне теоретическую деятельность и начну со стадии накопления фактов, то есть с экспериментов и наблюдений, описываемых в специальных журналах, посредством которых ученые информируют коллег о результатах своих постоянных исследований. О каких аспектах природы ученые обычно сообщают? Что определяет их выбор? И, поскольку большая часть научных наблюдений поглощает много времени, денег и требует специального оснащения, естественно поставить вопрос: какие цели преследует ученый, доводя этот выбор до практического завершения?

Я думаю, что обычно бывает только три центральных момента в научном исследовании некоторой области фактов; их невозможно резко отделить друг от друга, а иногда они вообще неразрывны. Прежде всего имеется класс фактов, которые, как об этом свидетельствует парадигма, особенно показательны для вскрытия сути вещей. Используя эти факты для решения проблем, парадигма порождает тенденцию к их уточнению и к их распознаванию во все более широком круге ситуаций. В различные периоды такого рода значительные фактические уточнения заключались в следующем: в астрономии – в определении положения звезд и звездных величин, периодов затмения двойных звезд и планет; в физике – в вычислении удельных весов и сжимаемостей материалов, длин волн и спектральных интенсивностей, электропроводностей и контактных потенциалов; в химии – в определении состава веществ и атомных весов, в установлении точек кипения и кислотностей растворов, в построении структурных формул и измерении оптической активности. Попытки увеличить точность и расширить круг известных фактов, подобных тем, которые были названы, занимают значительную часть литературы, посвященной экспериментам и наблюдениям в науке. Неоднократно для этих целей создавалась сложная специальная аппаратура, а изобретение, конструирование и сооружение этой аппаратуры требовали выдающихся талантов, много времени и значительных финансовых затрат. Синхротроны и радиотелескопы представляют собой лишь самые новые примеры размаха, с которым продвигается вперед работа

[22] B. Barber. Resistance by Scientists to Scientific Discovery. – «Science», CXXXIV, 1961, p. 596–602.

исследователей, если парадигма гарантирует им значительность фактов, поисками которых они заняты. От Тихо Браге до Э.О. Лоренца некоторые ученые завоевали себе репутацию великих не за новизну своих открытий, а за точность, надежность и широту методов, разработанных ими для уточнения ранее известных категорий фактов.

Второй, обычный, но более ограниченный класс фактических определений относится к тем фактам, которые часто, хотя и не представляют большого интереса сами по себе, могут непосредственно сопоставляться с предсказаниями парадигмальной теории. Как мы вскоре увидим, когда перейдем от экспериментальных к теоретическим проблемам нормальной науки, существует немного областей, в которых научная теория, особенно если она имеет преимущественно математическую форму, может быть непосредственно соотнесена с природой. Так, общая теория относительности Эйнштейна имеет не более чем три такие области[23]. Более того, даже в тех областях, где применение теории возможно, часто требуется теоретическая аппроксимация, которая сильно ограничивает ожидаемое соответствие. Улучшение этого соответствия или поиски новых областей, в которых можно продемонстрировать полное соответствие, требует постоянного совершенствования мастерства и возбуждает фантазию экспериментатора и наблюдателя. Специальные телескопы для демонстрации предсказания Коперником годичного параллакса, машина Атвуда, изобретенная почти столетие спустя после выхода в свет «Начал» Ньютона и дающая впервые ясную демонстрацию второго закона Ньютона; прибор Фуко для доказательства того, что скорость света в воздухе больше, чем в воде; гигантский сцинтилляционный счетчик, созданный для доказательства существования нейтрино, – все эти примеры специальной аппаратуры и множество других подобных им иллюстрируют огромные усилия и изобретательность, направленные на то, чтобы ставить теорию и природу во все более тесное соответствие друг с другом[24]. Эти попытки доказать такое соответствие составляют второй тип нормальной экспериментальной деятельности, и этот тип зависит от парадигмы даже более явно, чем первый. Существование парадигмы заведомо предполагает, что проблема разрешима. Часто парадигмальная теория прямо подразумевается в создании аппаратуры, позволяющей решить проблему. Например, без «Начал» измерения, которые позволяет произвести машина Атвуда, не значили бы ровно ничего.

Для исчерпывающего представления о деятельности по накоплению фактов в нормальной науке следует указать, как я думаю, еще на третий класс экспериментов и наблюдений. Он представляет эмпирическую работу, которая предпринимается для разработки парадигмальной теории в целях разрешения некоторых оставшихся неясностей и улучшения решения проблем, которые ранее были затронуты лишь поверхностно. Этот класс является наиболее важным из всех других, и описание его требует аналитического подхода. В более математизированных науках некоторые эксперименты, целью которых является разра-

---

[23] Прецессия перигелия Меркурия является, по общему признанию, единственной давнишней точкой преткновения, успешно объясненной теорией относительности. Красное смещение в спектре излучения далекой звезды может быть установлено на основании более простых соображений, чем принципы теории относительности. То же самое возможно при истолковании отклонения лучей света вблизи Солнца. Вопрос этот в настоящее время несколько спорный. Во всяком случае, данные измерений последнего явления остаются сомнительными. Еще одно дополнительное затруднение было установлено совсем недавно: гравитационное смещение излучения Мёссбауэра. Возможно, вскоре появятся и другие проблемы в этой области, теперь динамичной, но ранее долго находившейся в состоянии застоя. Современный широкий обзор рассматриваемых проблем см.: L.I. Schiff. A Report on the NASA Conference on Experimental Tests of Theories of Relativity. – «Physics Today», XIV, 1961, p. 42–48.

[24] О двух телескопах для определения параллаксов см.: A. Wo1f. A History of Science, Technology and Philosophy in the Eighteenth Century. 2d ed. London, 1952, p. 103–105. О машине Атвуда см.: N.R. Hanson. Patterns of Discovery. Cambridge, 1958, p. 100–102, 207–208. О последних двух видах специальной аппаратуры см.: M.L. Foucault. Méthode générale pour mesurer la vitesse de la lumiére dans 1’air et les milieux transparants. Vitesses relatives de la lumiére dans 1’air et dans 1’eau… – «Comptes rendus… de 1’Acadàmie des sciences», XXX, 1850, p. 551–560; C. L. Cowan Jr., et al. Detection of the Free Neutrino: A. Confirmation. – «Science», CXXIV, 1956, p. 103–104.

ботка парадигмы, направлены на определение физических констант. Например, труд Ньютона указывал, что сила притяжения между двумя единичными массами при расстоянии между ними, равном единице, должна быть одинаковой для всех видов материи в любом месте пространства. Но собственные проблемы, поставленные в книге Ньютона, могли быть разрешены даже без подсчета величины этого притяжения, то есть универсальной гравитационной постоянной, и никто в течение целого столетия после выхода в свет «Начал» не изобрел прибора, с помощью которого можно было бы определить эту величину.

Знаменитый метод определения, предложенный в конце 90-х годов XVIII века Кавендишем, также не был совершенным. Поскольку гравитационная постоянная занимала центральное место в физической теории, многие выдающиеся экспериментаторы неоднократно направляли свои усилия на уточнение ее значения[25]. В качестве других примеров работы в этом направлении можно упомянуть определения астрономических постоянных, числа Авогадро, коэффициента Джоуля, заряда электрона и т. д. Очень немногие из этих тщательно подготовленных попыток могли бы быть предприняты, и ни одна из них не принесла бы плодов без парадигмальной теории, которая сформулировала проблему и гарантировала существование определенного решения.

Усилия, направленные на разработку парадигмы, не ограничиваются, однако, определением универсальных констант. Они могут быть нацелены, например, на открытие количественных законов: закон Бойля, связывающий давление газа с его объемом, закон электрического притяжения Кулона и формула Джоуля, связывающая теплоту, излучаемую проводником, по которому течет ток, с силой тока и сопротивлением, – все они охватываются этой категорией. Может быть, тот факт, что парадигма является предпосылкой открытия подобного типа законов, не достаточно очевиден. Часто приходится слышать, что эти законы открываются посредством одних лишь измерений, предпринятых ради самих этих законов без всяких теоретических предписаний. Однако история никак не подтверждает применение такого чисто бэконовского метода. Эксперименты Бойля были бы немыслимы, пока воздух рассматривался как упругий флюид, к которому можно применять понятие гидростатики (а если бы их и можно было бы поставить, то они получили бы другую интерпретацию или не имели бы никакой интерпретации вообще)[26]. Успех Кулона зависел от создания им специального прибора для измерения силы, действующей на точечные заряды. (Те, кто до него измерял электрические силы, используя для этого обычные весы и т. д., не могли обнаружить постоянной зависимости или даже простой регулярности.) Но конструкция его прибора в свою очередь зависела от предварительного признания того, что каждая частичка электрического флюида воздействует на другую на расстоянии. Кулон искал именно такую силу взаимодействия между частицами, которую можно было бы легко представить как простую функцию от расстояния[27]. Эксперименты Джоуля также можно использовать для иллюстрации того, как количественные законы возникают благодаря разработке парадигмы. Фактически между качественной парадигмой и количественным законом существует столь общая и тесная связь, что после Галилея такие законы часто верно угадывались с помощью парадигмы за много лет до того, как были созданы приборы для их экспериментального обнару-

[25] Д. Пойнтинг рассматривает около двух дюжин попыток измерения гравитационной постоянной в период с 1741 по 1901 год в: «Gravitation Constant and Mean Density of the Earth». – «Encyclopaedia Britannica», 11th ed. Cambridge, 1910–1911, XII, p. 385–389.

[26] О полном перенесении понятий гидростатики в пневматику см.: «The Physical Treatises of Pascal». New York, 1937, с введением и примечаниями Ф. Барри. Введение аналогии Торричелли («мы живем на дне океана воздушной стихии») встречается первоначально на стр. 164. Ее быстрое развитие показано в двух основных трактатах.

[27] D. Roller and D.H.D. Roller. The Development of the Concept of Electric Charge: Electricity from the Greeks to Coulomb. («Harward Case Histories in Experimental Science», Case 8, Cambridge, Mass., 1954), p. 66–80.

жения[28]T.S. Kuhn. The Function of Measurement in Modern Physical Science. – «Isis», LII, 1961, p. 161–193..

Наконец, имеется третий вид эксперимента, который нацелен на разработку парадигмы. Этот вид эксперимента более всех других похож на исследование. Особенно он преобладает в те периоды, когда в большей степени рассматриваются качественные, нежели количественные аспекты природных закономерностей, притом в тех науках, которые интересуются в первую очередь качественными законами. Часто парадигма, развитая для одной категории явлений, ставится под сомнение при рассмотрении другой категории явлений, тесно связанной с первой. Тогда возникает необходимость в экспериментах для того, чтобы среди альтернативных способов применения парадигмы выбрать путь к новой области научных интересов. Например, тепловая теория использовалась в качестве парадигмы в изучении процессов нагревания и охлаждения при смешивании и при изменении состояния. Но теплота может излучаться и поглощаться и во многих других случаях – например, при химическом соединении, при трении, благодаря сжатию или поглощению газа, – и к каждому из этих явлений тепловую теорию можно приложить по-разному. Если бы вакуум, например, имел теплоемкость, то нагревание при сжатии можно было бы объяснить как результат смешивания газа с пустотой или изменением удельной теплоемкости газов при изменении давления. Кроме того, есть и многие другие возможности объяснения. Для тщательного исследования этих возможных способов и их дифференциации предпринималось множество экспериментов, причем все они исходили из парадигмального характера тепловой теории и использовали ее при разработке экспериментов и для интерпретации их результатов[29]. Как только был установлен факт нагревания при увеличении давления, все последующие эксперименты в этой области были подчинены тем самым парадигме. Если само явление установлено, то как еще можно было объяснить выбор данного эксперимента?

Обратимся теперь к теоретическим проблемам нормальной науки, которые оказываются весьма близкими к тому кругу проблем, которые возникают в связи с наблюдением и экспериментом. Часть нормальной теоретической работы, хотя и довольно небольшая, состоит лишь в использовании существующей теории для предсказания фактов, имеющих значение сами по себе. Создание астрономических эфемерид, расчет характеристики линз, вычисление траектории радиоволн представляют собой примеры проблем подобного рода. Однако ученые, вообще говоря, смотрят на решение этих проблем как на поденную работу, предоставляя заниматься ею инженерам и техникам. Солидные научные журналы весьма редко помещают результаты подобных исследований. Зато те же журналы уделяют большое место обсуждению проблем, которые обычный читатель должен был бы, вероятно, расценить как простые тавтологии. Такие чисто теоретические разработки предпринимаются не потому, что информация, которую они дают, имеет собственную ценность, а потому, что они непосредственно смыкаются с экспериментом. Их цель заключается в том, чтобы найти новое применение парадигмы или сделать уже найденное применение более точным.

Необходимость такого рода работы обусловлена огромными трудностями в применении теории к природе. Эти трудности можно кратко проиллюстрировать, обозревая путь, пройденный динамикой после Ньютона. В первые годы XVIII века те ученые, которые нашли парадигму в «Началах», приняли общность ее выводов без доказательства, и они имели все основания так сделать. Ни одна другая работа в истории науки не испытала столь быстрого расширения области применения и такого резкого возрастания точности. Для изучения небесных явлений Ньютон использовал кеплеровские законы движения планет, а также точно объяснил наблюдаемые отклонения от этих законов в движении Луны. Для изуче-

28

[29] T.S. Kuhn. The Caloric. Theory of Adiabatic Compression. – «Isis», XLIX, 1958, p. 132–140.

ния движения нашей планеты он использовал результаты некоторых разрозненных наблюдений над колебаниями маятника, наблюдений приливов и отливов. С помощью дополнительных, но в известном смысле произвольных (ad hoc) допущений он сумел также вывести закон Бойля и важную формулу для скорости звука в воздухе. При тогдашнем уровне развития науки успех его демонстраций был в высшей степени впечатляющим, хотя, учитывая предполагаемую общность законов Ньютона, следует признать, что число этих приложений было сравнительно невелико и что Ньютон не смог добавить к ним почти никаких других. Более того, если сравнивать все это с тем, чего может достигнуть в наше время любой аспирант-физик с помощью тех же самых законов, то окажется, что даже указанные Ньютоном несколько конкретных применений его законов не были разработаны с должной точностью. Наконец, «Начала» были предназначены главным образом для решения проблем небесной механики. Было совершенно неясно, как приспособить их для изучения земных процессов, в особенности для движения с учетом трения. Тем более что весьма успешные попытки решения «земных» проблем были уже предприняты с использованием совершенно других технических средств, созданных впервые Галилеем и Гюйгенсом и использованных еще шире европейскими учеными в течение XVIII века, такими, как Бернулли, Д'Аламбер и многие другие. Вполне вероятно, что их технические средства и некоторые приемы, использованные в «Началах», можно было бы представить как специальные применения более общих формул, но до некоторых пор никто не представлял себе полностью, как это может быть реализовано конкретно[30].

Обратимся к рассмотрению проблемы точности. Мы уже иллюстрировали ее эмпирический аспект. Для того чтобы обеспечить точные данные, которые требовались для конкретных применений парадигмы Ньютона, нужно было особое оборудование вроде прибора Кавендиша, машины Атвуда или усовершенствованного телескопа. С подобными же трудностями встречается и теория при установлении ее соответствия с природой. Применяя свои законы к маятникам, Ньютон был вынужден принять гирю маятника за точку, обладающую массой гири, чтобы иметь точное определение длины маятника. Большинство из его теорем (за немногими исключениями, которые носили гипотетический или предварительный характер) игнорировали также влияние сопротивления воздуха. Все это были законные физические упрощения. Тем не менее, будучи упрощениями, они так или иначе ограничивали ожидаемое соответствие между предсказаниями Ньютона и фактическими экспериментами. Те же трудности, даже в более явном виде, обнаруживаются и в применении теории Ньютона к небесным явлениям. Простые наблюдения с помощью телескопа показывают, что планеты не вполне подчиняются законам Кеплера, а теория Ньютона указывает, что этого и следовало ожидать. Чтобы вывести эти законы, Ньютон вынужден был пренебречь всеми явлениями гравитации, кроме притяжения между каждой в отдельности планетой и Солнцем. Поскольку планеты также притягиваются одна к другой, можно было ожидать лишь относительного соответствия между применяемой теорией и телескопическими наблюдениями[31].

Достигнутое соответствие, разумеется, представлялось более чем удовлетворительным для тех, кто его достиг. За исключением некоторых проблем движения Земли, ни одна другая теория не могла достигнуть подобного согласия с экспериментами. Ни один из тех, кто сомневался в обоснованности труда Ньютона, не делал этого в силу того, что этот труд был недостаточно согласован с экспериментом и наблюдением. Тем не менее ограниченность данного соответствия оставляла множество заманчивых теоретических проблем для

[30] C. Truesdell. A. Program toward Rediscovering the Rational Mechanics of the Age of Reason. – «Archive for History of the Exact Sciences», I, 1960, p. 3–36; Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error and Failure in Newton's «Principia». – «Texas Quarterly», X, 1967, p. 281–297; T.L. Hankins. The Reception of Newton's Second Law of Motion in the Eighteenth Century. – «Archives internationales d'histoire des sciences», XX, 1967, p. 42–65.

[31] Wolf. Op. cit., p. 75–81, 96–101; W. Whewell. History of the Inductive Sciences, rev. ed. London, 1847, II, p. 213–271.

последователей Ньютона. Например, требовались особые теоретические методы для истолкования движения более чем двух одновременно притягивающихся тел и исследования стабильности орбит при возмущениях. Проблемами, подобными этим, были заняты многие лучшие европейские мыслители на протяжении XVIII и начала XIX веков. Эйлер, Лагранж, Лаплас и Гаусс посвятили свои самые блестящие работы совершенствованию соответствия между парадигмой и наблюдением небесных явлений. Многие из этих мыслителей в то же время работали над прикладными проблемами применения математики в областях, о которых не могли думать ни сам Ньютон, ни его современники из континентальной школы механиков. Они написали множество работ и развили весьма мощный математический аппарат для гидродинамики и для решения проблемы колебания струны. В процессе решения этих прикладных проблем была осуществлена, вероятнее всего, наиболее блестящая и трудоемкая из научных работ XVIII столетия. Другие примеры можно почерпнуть из обзора постпарадигмального периода в развитии термодинамики, волновой теории света, электромагнитной теории или других отраслей науки, в которых фундаментальные законы получили законченное количественное выражение. По крайней мере в наиболее математизированных науках основная часть теоретической работы состояла именно в этом.

Но это не значит, что вся работа имела подобный характер. Даже в математических науках существуют теоретические проблемы, связанные с более глубокой разработкой парадигмы. В те периоды, когда в науке преобладает качественное развитие, подобные проблемы выдвигаются на первый план. Некоторые из этих проблем, как в науках, использующих более широко количественные методы, так и в науках, пользующихся преимущественно качественными методами, нацелены просто на уяснение сути дела посредством введения новых формулировок. Например, практическое применение «Начал» не всегда оказывалось легкой работой. С одной стороны, это объясняется определенной тяжеловесностью, неизбежной в любом научном начинании, а с другой – тем, что в отношении применения слишком многое из содержания этого труда лишь подразумевалось. Во всяком случае, для многих приложений «Начал» к «земным» проблемам методы, развитые, по-видимому, для другой области континентальными исследователями, выглядели намного более эффективными. Поэтому, начиная с Эйлера и Лагранжа в XVIII веке до Гамильтона, Якоби, Герца в XIX веке, многие из блестящих европейских специалистов по математической физике неоднократно пытались переформулировать теоретическую механику так, чтобы придать ей форму, более удовлетворительную с логической и эстетической точки зрения, не изменяя ее основного содержания. Иными словами, они хотели представить явные и скрытые идеи «Начал» и всей континентальной механики в логически более связном варианте, в таком, который был бы одновременно и более унифицированным, и менее двусмысленным в его применениях к вновь разработанным проблемам механики[32].

Подобные переформулировки парадигм неоднократно предпринимались во всех науках, но большей частью они приводили к более существенным изменениям в парадигме, чем приведенные выше переформулировки «Начал». Такие изменения происходят в результате эмпирического исследования, описанного выше как стремление к разработке парадигмы. В действительности же классифицировать такой тип работы, как эмпирический, было бы слишком произвольно. Более чем любой другой вид нормального научного исследования, проблемы разработки парадигмы оказываются одновременно и теоретическими, и эмпирическими. Примеры, приведенные выше, будут также хорошо служить и здесь. До того как Кулон смог сконструировать свой прибор и с помощью этого прибора произвести измерения, он использовал теорию электричества для того, чтобы определить, каким образом его прибор может быть построен. Результат его измерений был предвосхищен в теории. Или

[32] R. Dugas. Histoire de la mécanique. Neuchatel, 1950, Books IV–V.

другой пример: те же самые исследователи, которые, чтобы обозначить границу между различными теориями нагревания, ставили эксперименты посредством увеличения давления, были, как правило, и теми, кто предлагал различные варианты для сравнения. Они работали и с фактами, и с теориями, и их работа давала не просто новую информацию, но и более точную парадигму, благодаря удалению двусмысленностей, таившихся в первоначальной форме парадигмы, с которой они работали. Во многих дисциплинах большая часть работы, относящейся к сфере нормальной науки, состоит именно в этом.

Эти три класса проблем – установление значительных фактов, сопоставление фактов и теории, разработка теории – исчерпывают, как я думаю, поле нормальной науки, как эмпирической, так и теоретической. Они, разумеется, не исчерпывают всю научную проблематику без остатка. Существуют также экстраординарные проблемы, и, вероятно, именно их правильное разрешение делает научные исследования в целом особенно ценными. Но экстраординарные проблемы не должны нас здесь особенно волновать. Они возникают лишь в особых случаях, к которым приводит развитие нормального научного исследования. Поэтому подавляющее большинство проблем, поднятых даже самыми выдающимися учеными, обычно охватывается тремя категориями, указанными выше. Работа в рамках парадигмы не может протекать иначе, а отказаться от парадигмы значило бы прекратить те научные исследования, которые она определяет. Вскоре мы покажем, что заставляет ученых отказаться от парадигмы. Подобные отказы от парадигмы представляют собой такие моменты, когда возникают научные революции. Но прежде чем перейти к изучению этих революций, нам необходим более широкий взгляд на ход нормального исследования, которое готовит почву для революции.

IV
Нормальная наука как решение головоломок

Возможно, что самая удивительная особенность проблем нормальной науки, с которой мы только что столкнулись, состоит в том, что они в очень малой степени ориентированы на крупные открытия, будь то открытие новых фактов или создание новой теории. Иногда, как в случае измерения длины волны, все детали результата, за исключением разве что наиболее тонких, известны заранее, так что спектр ожиданий оказывается лишь немного шире известной картины. Измерения Кулона, вероятно, и не требовали обязательного точного соответствия закону обратной зависимости от квадрата расстояния; тот, кто изучал нагревание при увеличении давления, часто заведомо предполагал один из многих возможных результатов. К тому же даже в подобных случаях область ожидаемых и, следовательно, усваиваемых результатов всегда мала по сравнению с тем, что может охватить воображение. И если результат проекта не попадает в эту более узкую область, то это рассматривается обычно как неудача исследования, которая отражает не отклонение природы от закона, но лишь ошибку ученого.

Например, в XVIII веке мало внимания обращалось на эксперименты по измерению электрического притяжения с помощью таких приборов, как крутильные весы. Поскольку подобные эксперименты не приносили ни устойчивых, ни достаточно простых результатов, их нельзя было использовать для разработки парадигмы, от которой они произошли. Следовательно, они оставались *просто* фактами, которые не были и не могли быть связанными с непрерывным прогрессом исследований по электричеству. Только ретроспективно, достигнув следующей парадигмы, мы можем понять, на какие свойства электрических явлений они указывали. Конечно, Кулон и его современники также работали на основе этой более поздней парадигмы или же парадигмы, которая обещала те же самые результаты в области проблемы притяжения. Вот почему Кулону удалось сконструировать прибор, который привел к результату, пригодному для дальнейшей разработки парадигмы. Но по этой же причине подобный результат никого не удивил, и несколько современников Кулона смогли в принципе предсказать этот результат. Даже те проекты, целью которых является разработка парадигмы, не стремятся к *неожиданным* новшествам.

Но если цель нормальной науки не в том, чтобы внести какие-либо крупные, значительные новшества, если тщетная попытка достигнуть ожидаемых результатов или приблизиться к ним является обычно неудачей ученого, то почему все-таки нормальная наука рассматривает и решает свои проблемы? Частично мы уже ответили на этот вопрос. Для ученого результаты научного исследования значительны уже по крайней мере потому, что они расширяют область и повышают точность применения парадигмы. Однако этот ответ не может объяснить те энтузиазм и увлеченность, которые свойственны ученым, работающим над проблемами нормального исследования. Никто не затрачивает годы, скажем, на создание усовершенствованного спектрометра или на более точное решение проблемы колебания струны в силу одной лишь важности информации, которая при этом приобретается. Данные, получаемые при подсчете эфемерид или при дополнительных измерениях с помощью имеющихся инструментов, часто столь же значительны, но подобная деятельность постоянно отвергается учеными с презрением, потому что представляет собой в основном просто повторение процедуры, разработанной уже ранее. Этот отказ дает разгадку всей привлекательности проблем нормальной науки. Хотя ее результаты могут быть предсказаны – причем настолько детально, что все оставшееся неизвестным само по себе уже теряет интерес, – сам способ получения результата остается в значительной мере сомнительным. Завершение

проблемы нормального исследования – разработка нового способа предсказания, а она требует решения всевозможных сложных инструментальных, концептуальных и математических задач-головоломок. Тот, кто преуспевает в этом, становится специалистом такого рода деятельности, и стимулом его дальнейшей активности служит жажда решения новых задач-головоломок.

Термины «задача-головоломка» и «специалист по решению задач-головоломок» имеют первостепенное значение для многих вопросов, которые будут в центре нашего внимания на следующих страницах. Задачи-головоломки – в самом обычном смысле, подразумеваемом в данном случае, – представляют собой особую категорию проблем, решение которых может служить пробным камнем для проверки таланта и мастерства исследователя. Словарными иллюстрациями к слову могут служить «составная фигура-головоломка» и «головоломка-кроссворд». У этих головоломок есть характерные черты, общие с нормальной наукой, черты, которые мы должны теперь выделить. Одна из них только что упоминалась. Но она не является критерием доброкачественной головоломки, показателем того, что ее решение может быть само по себе интересным или важным. Напротив, действительно неотложные проблемы, например поиски средства против рака или создание прочного мира на земле, часто вообще не являются головоломками главным образом потому, что их решение может полностью отсутствовать. Рассмотрим «составную фигуру-головоломку», элементы которой взяты наугад из двух разных коробок с головоломками. Поскольку эта проблема, вероятно, должна таить в себе непреодолимые трудности (хотя их может и не быть) даже для самых изобретательных людей, она не может служить проверкой мастерства в решении головоломок. В любом обычном смысле ее вообще нельзя назвать головоломкой. Хотя собственная ценность не является критерием головоломки, существование решения является таким критерием.

Мы уже видели, однако, что, овладевая парадигмой, научное сообщество получает по крайней мере критерий для выбора проблем, которые могут считаться в принципе разрешимыми, пока эта парадигма принимается без доказательства. В значительной степени это только те проблемы, которые сообщество признает научными или заслуживающими внимания членов данного сообщества. Другие проблемы, включая многие считавшиеся ранее стандартными, отбрасываются как метафизические, как относящиеся к компетенции другой дисциплины или иногда только потому, что они слишком сомнительны, чтобы тратить на них время. Парадигма в этом случае может даже изолировать сообщество от тех социально важных проблем, которые нельзя свести к типу головоломок, поскольку их нельзя представить в терминах концептуального и инструментального аппарата, предполагаемого парадигмой. Такие проблемы рассматриваются лишь как отвлекающие внимание исследователя от подлинных проблем, что очень наглядно иллюстрируется различными аспектами бэконовского подхода XVII века и некоторыми современными социальными науками. Одна из причин, в силу которой нормальная наука кажется прогрессирующей такими быстрыми темпами, заключается в том, что ученые концентрируют внимание на проблемах, решению которых им может помешать только недостаток собственной изобретательности.

Однако если проблемы нормальной науки являются в этом смысле головоломками, то отпадает необходимость объяснять подробнее, почему ученые штурмуют их с такой страстью и увлечением. Наука может быть привлекательной для человека с самых разных точек зрения. Среди главных мотивов, побуждающих человека к научному исследованию, можно назвать желание добиться успеха, вдохновение от открытия новой области, надежда найти закономерность и стремление к критической проверке установленного знания. Эти и другие мотивы также помогают ученому определить и частные проблемы, которыми он планирует заняться в будущем. Более того, хотя результатом исследования является иногда крушение надежд, этих мотивов вполне достаточно для того, чтобы вначале привлечь человека,

а потом и увлечь его навсегда[33]. Научное предприятие в целом время от времени доказывает свою плодотворность, открывает новые области, обнаруживает закономерности и проверяет давние убеждения. Тем не менее *индивидуальное* исследование проблем нормальной науки *почти никогда не дает подобного эффекта ни в одном из этих аспектов*. Ученого увлекает уверенность в том, что если он будет достаточно изобретателен, то ему удастся решить головоломку, которую до него не решал никто или в решении которой никто не добился убедительного успеха. Многие из величайших умов отдавали все свое внимание заманчивым головоломкам такого рода. В большинстве случаев любая частная область специализации, кроме этих головоломок, не предлагает ничего такого, на чем можно было бы попробовать свои силы, но именно этот факт таит в себе тоже своеобразное искушение.

Вернемся теперь к другому, более трудному и более содержательному аспекту параллелизма между головоломками и проблемами нормальной науки. Проблема, классифицируемая как головоломка, должна быть охарактеризована не только тем, что она имеет гарантированное решение. Должны существовать также правила, которые ограничивают как природу приемлемых решений, так и те шаги, посредством которых достигаются эти решения. Например, решить составную картинку-загадку не значит «составить картинку». Ребенок или современный художник мог бы сделать это, складывая разбросанные, произвольно выбранные элементы, как абстрактные формы, на некотором нейтральном фоне. Картинка, созданная таким образом, может оказаться намного лучше и быть более оригинальной, чем та, из которой головоломка была сделана. Тем не менее такая картинка не могла бы быть ее решением. Чтобы получить настоящее решение, должны быть использованы все фрагменты, их плоская сторона должна быть обращена вниз и они должны быть собраны без усилий и использованы без остатка. Таковы некоторые правила решения картинки-головоломки. Подобные ограничения, накладываемые на приемлемые решения кроссвордов, загадок, шахматных задач и т. д., вскрываются без труда.

Если мы придадим значительно более широкий смысл термину «правило» (который иногда эквивалентен «утвердившейся точке зрения» или «предпосылке»), тогда проблемы, допустимые в данной исследовательской традиции, имеют большое сходство с множеством характеристик головоломки. Ученый, создающий инструмент для определения длины световых волн, не должен удовлетворяться такой аппаратурой, которая просто сопоставляет особые спектральные линии и особые числа. Он не просто исследует или измеряет. Наоборот, он должен показать, анализируя свою аппаратуру на основе созданной основы оптической теории, что числа, которые дает его прибор, входят в теорию как длины волн. Если неясности в теории или какой-то неисследованный компонент в его аппаратуре остаются и мешают завершить демонстрацию, его коллеги могут легко заключить, что ему не удалось измерить ничего вообще. Например, максимумы в разбросе электронов, которые позднее были представлены как указание на длины волн электрона, не имели явного значения, когда впервые были открыты и зафиксированы. Прежде чем они стали показателями чего-либо вообще, их необходимо было соотнести с теорией, подсказавшей волнообразное поведение движущихся частиц. И даже после того, как эта связь была установлена, аппаратура должна быть сконструирована заново таким образом, чтобы экспериментальные результаты могли недвусмысленно согласовываться с теорией[34]. До тех пор пока эти условия не удовлетворены, ни одна проблема не может считаться решенной.

---

[33] Разочарование, вызванное конфликтом между ролью личности и всеобщей моделью развития науки, иногда может быть тем не менее довольно серьезным. По этому вопросу см.: L.S. Kubie. Some Unsolved Problems of the Scientific Career. – «American Scientist», XLI, 1953, p. 596–613; XLII, 1954, p. 104–112.

[34] Краткое рассмотрение эволюции этих экспериментов см. в лекции К.Дж. Дэвиссона в: «Les prix Nobel en 1937», Stockholm, 1938, p. 4.

Подобные виды ограничений связывали приемлемые решения с теоретическими проблемами. На протяжении всего XVIII века те ученые, которые пытались вывести наблюдаемое движение Луны из ньютоновских законов движения и тяготения, постоянно терпели в этом неудачи. В конце концов некоторые из них предложили заменить закон обратной зависимости от квадрата расстояния другим законом, который отличался от первого тем, что действовал на малых расстояниях. Однако для этого следовало бы изменить парадигму, определить условия новой головоломки и отказаться от решения старой. В данном случае ученые сохраняли правила до тех пор, пока в 1750 году один из них не открыл, каким образом эти правила могли быть использованы с успехом[35]. Другое решение вопроса могло дать лишь изменение в правилах игры.

Изучение традиций нормальной науки раскрывает множество дополнительных правил, а они в свою очередь дают массу информации о тех предписаниях, которые выводят ученые из своих парадигм. Что же можно сказать об основных категориях, которые охватывают эти правила?[36]

Наиболее очевидные и, вероятно, наиболее обязывающие правила показаны на примере тех видов обобщений, которые мы только что отметили. Это эксплицитные утверждения о научном законе, о научных понятиях и теориях. До тех пор, пока они остаются признанными, они помогают выдвигать головоломки и ограничивать приемлемые решения. Законы Ньютона, например, выполняли подобные функции в течение XVIII и XIX веков. Пока они выполняли эти функции, количество материи было фундаментальной онтологической категорией для ученых-физиков, а силы, возникающие между частицами материи, были основным предметом исследования[37]. В химии законы постоянных и определенных пропорций имели долгое время точно такую же силу: с их помощью была поставлена проблема атомных весов, ограничены приемлемые результаты химического анализа и химики были информированы о том, что представляют собой атомы и молекулы, соединения и смеси[38]. Уравнения Максвелла и законы статистической термодинамики имеют то же самое значение и функции в наше время.

Однако правила, подобные этим, не являются исключительным и даже наиболее интересным видом правил, открытых при изучении истории. Например, на более низком или более конкретном уровне, чем законы и теории, есть множество предписаний по поводу предпочтительных типов инструментария и способов, которыми принятые инструменты могут быть правомерно использованы. Изменение взглядов на роль огня в химическом анализе сыграло жизненно важную роль в развитии химии XVII века[39]. Гельмгольц в XIX веке натолкнулся на сильное противодействие со стороны физиологов, полагавших, что физическое экспериментирование не может помочь исследованиям в их области[40]. В том же веке весьма любопытная история создания химической хроматографии еще раз иллюстрировала стойкость предписаний относительно инструментов, которые в той же мере, как законы и теории, снабжают ученых правилами игры[41]. Анализируя открытие рентгеновских лучей, мы обнаружим основания для возникновения предписаний подобного рода.

---

[35] W. Whewel1. History of the Inductive Sciences rev. ed. London, 1847, II, p. 101–105; 220–222.

[36] На этот вопрос меня навел У.О. Хегстром, чья работа в области социологии науки кое-где перекликается с моей.

[37] Об этих аспектах теории Ньютона см.: I.B. Cohen. Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Sciente and Franklin's Work in Electricity as an Example Thereof, Philadelphia. 1956, chap. VII, особенно на стр. 255–257, 275–277.

[38] Этот пример подробно обсуждается в конце X раздела.

[39] H. Metzäer. Les doctrines chimiques en France du début du XVII^{e} siècle à la fin du XVIII^{e} siécle. Paris, 1923, p. 359–361; Marie Boas. Robert Boyle and Seventeenth. Century Chemistry. Cambridge, 1958, p. 112–115.

[40] L. Königsberger. Hermann von Helmholtz. Oxford, 1906, p. 65–66.

[41] J.E. Meinhard. Chromatography: A Perspective. – «Science», CX, 1949, p. 387–392.

Менее локальными и преходящими, хотя все же не абсолютными, характеристиками науки являются предписания более высокого уровня; я имею в виду квазиметафизические предписания, которые историческое исследование постоянно обнаруживает в науке. Например, приблизительно после 1630 года и в особенности после появления научных работ Декарта, имевших необычайно большое влияние, большинство ученых-физиков допускало, что универсум состоит из микроскопических частиц, корпускул, и что все явления природы могут быть объяснены в терминах корпускулярных форм, корпускулярных размеров, движения и взаимодействия. Этот набор *предписаний* оказался и метафизическим, и методологическим. В качестве метафизического он указывал физикам, какие виды сущностей действительно имеют место во Вселенной, а какие нет: существует лишь материя, имеющая форму и находящаяся в движении. В качестве методологического набора предписаний он указывал физикам, какими должны быть окончательные объяснения и фундаментальные законы: законы должны определять характер корпускулярного движения и взаимодействия, а объяснения должны сводить всякое данное природное явление к корпускулярному механизму, подчиняющемуся этим законам. Еще более важно то, что корпускулярное понятие универсума указывало ученым множество проблем, подлежащих исследованию. Например, химик, принявший, подобно Бойлю, новую философию, обращал особое внимание на реакции, которые можно было бы рассматривать как превращения вещества. Они показывали более ясно, чем другие, процесс корпускулярного перераспределения, который должен лежать в основании всех химических превращений[42]. Подобные признаки влияния корпускуляризма можно наблюдать при изучении механики, оптики и теплоты.

Наконец, на еще более высоком уровне есть другая система предписаний, без которых человек не может быть ученым. Ученый должен, например, стремиться понять мир, расширять пределы области познания и повышать точность, с которой она должна быть упорядочена. Это предписание должно в свою очередь привести ученого к тщательному исследованию – как им самим, так и его коллегами – некоторых аспектов природы с учетом множества эмпирических деталей. И если данное исследование выявляет моменты явного нарушения порядка, то это должно быть для него призывом к новому усовершенствованию приборов наблюдения или к дальнейшей разработке его теорий. Нет никакого сомнения, что есть и другие правила, подобные этим, которыми пользуются ученые во все времена.

Существование такой жестко определенной сети предписаний – концептуальных, инструментальных и методологических – представляет основание для метафоры, уподобляющей нормальную науку решению головоломок. Поскольку эта сеть дает правила, которые указывают исследователю в области зрелой науки, что представляют собой мир и наука, изучающая его, постольку он может спокойно сосредоточить свои усилия на эзотерических проблемах, определяемых для него этими правилами и существующим знанием. От отдельного ученого требуется затем лишь решение оставшихся нерешенными головоломок. В этих и других отношениях обсуждение головоломок и правил проливает свет на природу нормальной научной практики, хотя, с другой стороны, такой подход может ввести в заблуждение. Очевидно, что существуют правила, которых придерживаются все ученые-профессионалы в данное время, тем не менее эти правила сами по себе не могут охватить все то общее, что имеется в различных видах нормального исследования. Нормальная наука – это в высокой степени детерминированная деятельность, но вовсе нет необходимости в том, чтобы она была полностью детерминирована определенными правилами. Вот почему в начале настоящего очерка я предпочел ввести в качестве источника согласованности в традициях нормаль-

[42] О корпускуляризме см.: M. Boas. Establishment of the Mechanical Philosophy. – «Osiris», X, 1952, p. 412–541. О его влиянии на химию Бойля см.: T.S. Kuhn. Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century. – «Isis», XLIII, 1952, p. 12–36.

ного исследования принцип общепринятой парадигмы, а не общепринятых правил, допущений и точек зрения. Правила, как я полагаю, вытекают из парадигм, но парадигмы сами могут управлять исследованием даже в отсутствие правил.

V
Приоритет парадигм

Чтобы раскрыть отношение между правилами, парадигмами и нормальной наукой, посмотрим прежде всего, каким образом историк науки выделяет особые совокупности предписаний, которые только что были описаны как принятые правила. Пристальное историческое исследование данной отрасли науки в данное время открывает ряд повторяющихся и типичных (quasi-standard) иллюстраций различных теорий в их концептуальном, исследовательском и инструментальном применении. Они представляют собой парадигмы того или иного научного сообщества, раскрывающиеся в его учебниках, лекциях и лабораторных работах. Изучая и практически используя их, члены данного сообщества овладевают навыками своей профессии. Разумеется, помимо этого, историк науки обнаружит и неясные области, охватывающие достижения, статус которых пока еще сомнителен, но суть проблемы и технические средства для ее решения известны. Несмотря на изредка встречающиеся неясности, парадигмы зрелого научного сообщества могут быть определены сравнительно легко.

Однако определение парадигм, разделяемых всеми членами сообщества, еще не означает определение общих для них правил. Это требует второго шага, причем шага несколько иного характера. Предпринимая его, историк науки должен сравнить парадигмы научного сообщества друг с другом и рассмотреть их в контексте текущих исследовательских сообщений сообщества. Цель, которую при этом преследует историк науки, заключается в том, чтобы раскрыть, какие именно элементы, в явном или неявном виде, члены данного сообщества могут *абстрагировать* из их более общих, глобальных парадигм и использовать их в качестве правил в своих исследованиях. Всякий, кто предпринял попытку описать или анализировать эволюцию той или иной частной научной традиции, непременно будет искать принятые принципы и правила подобного рода. И, как показано в предыдущем разделе, почти неизменно ему сопутствует в этом по крайней мере частичный успех. Но если он приобрел опыт, примерно такой же, как и мой собственный, он придет к выводу, что отыскивать правила – занятие более трудное и приносящее меньше удовлетворения, чем обнаружение парадигмы. Некоторые обобщения, к которым он прибегает для того, чтобы описать убеждения, разделяемые научным сообществом, не будут вызывать сомнения. Однако другие, в том числе и те, которые использовались выше в качестве иллюстраций, будут казаться неясными. Так или иначе, он может вообразить, что эти обобщения почти во всех случаях должны были отвергаться некоторыми членами группы, которую он изучает. Тем не менее, если согласованность исследовательской традиции должна быть понята исходя из правил, необходимо определить их общее основание в соответствующей области. В результате отыскание основы правил, достаточных для того, чтобы установить данную традицию нормального исследования, становится причиной постоянного и глубокого разочарования.

Однако осознание этих неудач дает возможность установить их источник. Ученые могут согласиться с тем, что Ньютон, Лавуазье, Максвелл или Эйнштейн дали, очевидно, более или менее окончательное решение ряда важнейших проблем, но в то же время они могут не согласиться, иногда сами не сознавая этого, с частными абстрактными характеристиками, которые делают непреходящим значение этих решений. Иными словами, они могут согласиться в своей *идентификации* парадигмы, не соглашаясь с ее полной *интерпретацией* или *рационализацией* или даже не предпринимая никаких попыток в направлении интерпретации и рационализации парадигмы. Отсутствие стандартной интерпретации или общепринятой редукции к правилам не будет препятствовать парадигме направлять исследование. Нормальная наука может быть детерминирована хотя бы частично непосредственным изу-

чением парадигм. Этому процессу часто способствуют формулировки правил и допущений, но он не зависит от них. В самом деле, существование парадигмы даже неявно не предполагало обязательного наличия полного набора правил[43].

Первым следствием этих положений неизбежно является постановка проблем. Что удерживает ученого в рамках той или иной частной традиции нормального научного исследования при отсутствии прочного фундамента правил? Что может означать фраза: «непосредственное изучение парадигм»? Более или менее удовлетворительные ответы на подобные вопросы, хотя и в совершенно другом контексте, дал Л. Витгенштейн в поздний период своих исследований. Поскольку контекст его рассуждений более элементарный и более известный, будет легче рассмотреть прежде всего его форму аргументации. Что необходимо знать, спрашивает Л. Витгенштейн, чтобы недвусмысленно и без излишних аргументов использовать такие слова, как «стул», «лист» или «игра»?[44]

Этот вопрос далеко не новый. Обычно, отвечая на него, говорят, что мы обязаны знать, сознательно или интуитивно, что представляет собой стул, лист или игра. Иными словами, мы должны иметь способность схватывать некоторую совокупность неотъемлемых свойств, которыми обладают все игры и только игры. Однако Витгенштейн пришел к выводу, что если задан способ употребления языка и тип универсума, к которому мы его применяем, то нет необходимости в такой совокупности характеристик. Хотя обсуждение *некоторых* из неотъемлемых свойств, присущих *ряду* игр, стульев или листьев, часто помогает нам научиться использовать соответствующий термин, нет такого ряда характеристик, которые одновременно применимы ко всем элементам класса, и только к ним. Вместо этого, сталкиваясь с незнакомыми нам ранее действиями, мы применяем термин «игра», поскольку то, что мы видим, обнаруживает значительное родовое сходство с рядом действий, которые мы еще раньше научились называть этим именем. Короче говоря, для Л. Витгенштейна игры, стулья и листья составляют естественные группы, каждая из которых установлена благодаря сетке частично совпадающих и пересекающихся сходных свойств. Существования такой сетки достаточно для того, чтобы объяснить наш успех в определении соответствующего объекта или деятельности. Но если бы группы, которые мы назвали, пересекались или постепенно сливались друг с другом, то есть если бы они не были естественными, то только тогда наш успех в идентификации и наименовании обеспечил бы очевидность ряда общих характеристик, соответствующих каждому из класса имен, которые мы используем.

Нечто подобное может иметь силу и для различных исследовательских проблем и технических приемов, которые связаны с отдельно взятой традицией нормального научного исследования. Общее между ними состоит не в том, что они удовлетворяют некоторому эксплицитному или даже полностью выявленному ряду правил и допущений, которые определяют характер традиции и укрепляют ее в научном мышлении, а в том, что их можно отнести на основании сходства или путем моделирования к той или иной части научного знания, которую какое-то научное сообщество признает в качестве одного из установленных достижений. Ученые исходят в своей работе из моделей, усвоенных в процессе обучения и из последующего изложения их в литературе, часто не зная и не испытывая никакой потребности знать, какие характеристики придали этим моделям статус парадигм научного сообщества. Благодаря этому ученые не нуждаются ни в какой полной системе правил. Согласованность, обнаруженная исследовательской традицией, которой они придерживаются, может не

---

[43] М. Полани блестяще развил очень сходную тему, доказывая, что многие успехи ученых зависят от «скрытого знания», то есть от знания, которое определяется практикой и которое не может быть разработано эксплицитно. См. его работу: M. Po1anyi. Personal Knowledge. Chicago, 1958, особенно главы V и VI.

[44] L. Wittgenstein. Philosophical Investigations. N. Y., 1953, p. 31–36. Однако Витгенштейн почти ничего не говорит о характере деятельности, необходимой для подтверждения названной процедуры, которую он описывает. Поэтому позиция, излагаемая далее, лишь частично может быть приписана ему.

подразумевать даже существования исходной основы правил и допущений; только дополнительное философское или историческое исследование может их вскрыть. Тот факт, что ученые обычно не интересуются и не обсуждают вопрос о том, что придает правомерность частным проблемам и решениям, наводит нас на мысль, что ответ на них известен им по крайней мере интуитивно. Но это можно считать признаком того, что ни вопрос, ни ответ не являются чем-то непосредственно касающимся их исследования. Парадигмы могут предшествовать любому набору правил исследования, который может быть из них однозначно выведен, и быть более обязательными или полными, чем этот набор.

До сих пор эта точка зрения излагалась чисто теоретически: парадигмы *могут* определять характер нормальной науки без вмешательства открываемых правил. Позвольте мне теперь попытаться лучше разъяснить эту позицию и подчеркнуть ее актуальность путем указания на некоторые причины, позволяющие думать, что парадигма действительно функционирует подобным образом. Первая причина, которая уже обсуждалась достаточно подробно, состоит в чрезвычайной трудности обнаружения правил, которыми руководствуются ученые в рамках отдельных традиций нормального исследования. Эти трудности напоминают сложную ситуацию, с которой сталкивается философ, пытаясь выяснить, что общего имеют между собой все игры. Вторая причина, в отношении которой первая в действительности является следствием, коренится в природе научного образования. Ученые (это должно быть уже ясно) никогда не заучивают понятия, законы и теории абстрактно и не считают это самоцелью. Вместо этого все эти интеллектуальные средства познания с самого начала сливаются в некотором ранее сложившемся исторически и в процессе обучения единстве, которое позволяет обнаружить их в процессе их применения. Новую теорию всегда объявляют вместе с ее применениями к некоторому конкретному разряду природных явлений. В противном случае она не могла бы даже претендовать на признание. После того как это признание завоевано, данные или другие приложения теории сопровождают ее в учебниках, по которым новое поколение исследователей будет осваивать свою профессию. Приложения не являются просто украшением теории и не выполняют только документальную роль. Напротив, процесс ознакомления с теорией зависит от изучения приложений, включая практику решения проблем как с карандашом и бумагой, так и с приборами в лаборатории. Например, если студент, изучающий динамику Ньютона, когда-либо откроет для себя значение терминов «сила», «масса», «пространство» и «время», то ему помогут в этом не столько неполные, хотя в общем-то полезные, определения в учебниках, сколько наблюдение и применение этих понятий при решении проблем.

Данный процесс обучения путем теоретических или практических работ сопровождает весь ход приобщения к профессии ученого. По мере того как студент проходит путь от первого курса до докторской диссертации и дальше, проблемы, предлагаемые ему, становятся все более сложными и неповторимыми. Но они по-прежнему в значительной степени моделируются предыдущими достижениями, так же как и проблемы, обычно занимающие его в течение последующей самостоятельной научной деятельности. Никому не возбраняется думать, что на этом пути ученый иногда пользуется интуитивно выработанными им самим правилами игры, но оснований для того, чтобы верить в это, слишком мало. Хотя многие ученые говорят уверенно и легко о собственных индивидуальных гипотезах, которые лежат в основе того или иного конкретного участка научного исследования, они характеризуют утвердившийся базис их области исследования, ее правомерные проблемы и методы лишь немногим лучше любого дилетанта. О том, что они вообще усвоили этот базис, свидетельствует главным образом их умение добиваться успеха в исследовании. Однако эту способность можно понять и не обращаясь к предполагаемым правилам игры.

Указанные последствия научного образования имеют оборотную сторону, которая служит основанием для третьей причины, позволяющей предположить, что парадигмы направ-

ляют научное исследование как благодаря непосредственному моделированию, так и с помощью абстрагированных из них правил. Нормальная наука может развиваться без правил лишь до тех пор, пока соответствующее научное сообщество принимает без сомнения уже достигнутые решения некоторых частных проблем. Правила, следовательно, должны постепенно приобретать принципиальное значение, а характерное равнодушие к ним должно исчезать всякий раз, когда утрачивается уверенность в парадигмах или моделях. Любопытно, что именно это и происходит. Для допарадигмального периода в особенности характерны частые и серьезные споры о правомерности методов, проблем и стандартных решений, хотя они служат скорее размежеванию школ, чем достижению согласия. Мы уже обращали внимание на такие споры в оптике и теории электричества. Еще более серьезную роль они играли в развитии химии в XVII веке и геологии в начале XIX столетия[45]. Кроме того, споры, подобные этим, не утихают навсегда с появлением парадигмы. Почти несущественные в течение периода нормальной науки, они регулярно вспыхивают вновь непосредственно в процессе назревания и развертывания научных революций, то есть в такие периоды, когда парадигмы первыми принимают бой и становятся объектом преобразований. Переход от ньютоновской к квантовой механике вызвал много споров как вокруг природы, так и вокруг стандартов физики, причем некоторые из этих споров все еще продолжаются[46]. Еще живы те, кто, может быть, помнит подобные дискуссии, порожденные электромагнитной теорией Максвелла и статистической механикой[47]. А еще раньше восприятие механики Галилея и Ньютона вызвало особенно знаменитую серию споров с аристотелианцами, картезианцами и последователями Лейбница о стандартах, правомерных в науке[48]. Когда ученые спорят о том, были ли решены фундаментальные проблемы в их области, поиски правил приобретают такое значение, которого эти правила обычно не имели. Однако пока парадигмы остаются в силе, они могут функционировать без всякой рационализации и независимо от того, предпринимаются ли попытки их рационализировать.

Мы можем подвести итог этому разделу, указав четвертую причину для признания за парадигмами приоритета первичности по отношению к общепринятым правилам и допущениям. Во введении к данной работе мы предположили, что революции в науке могут быть большими и малыми, что некоторые революции затрагивают только членов узкой профессиональной подгруппы и что для таких подгрупп даже открытие нового и неожиданного явления может быть революционным. В следующем разделе будут рассмотрены отдельные революции этого типа, а пока далеко не ясно, как они могут возникать. Если нормальная наука является столь жесткой и если научные сообщества сплочены так тесно, как подразумевалось выше, то как может изменение парадигмы когда-либо затронуть только маленькую подгруппу? Сказанное до сих пор может навести на мысль, что нормальная наука есть единый монолит и унифицированное предприятие, которое должно устоять или рухнуть вместе с любой из ее парадигм или со всеми вместе. Но в науке, по-видимому, редко бывает

---

[45] О развитии этого тезиса применительно к химии см.: H. Metzger. Les doctrines chimiques en France du début du XVII[e] à la fin du XVIII[e] siécle. Paris, 1923, p. 24–27, 146–149; M. Boas. Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry. Cambridge, 1958, chap. II. О развитии того же тезиса применительно к геологии см.: W.F. Cannon. The Uniformitarian-Catastrophist Debate. – «Isis», LI, 1960, p. 38–55; C.C. Gi11ispie. Genesis and Geology. Cambridge, Mass., 1951, chaps. IV–V.

[46] О спорах в квантовой механике см.: J. U11mo. La crise de la physique quantique. Paris, 1950, chap. II.

[47] О статистической механике см.: R. Dugas. La théorie physique au sens de Boltzmann et ses prolongements modernes. Neuchatel, 1959, p. 158–184; 206–219. Для представления о работах Максвелла см.: M. Planck. Maxwell's Influence in Germany. – «James Clerk Maxwell: A Commemoration Volume, 1831–1931», Cambridge, 1931, p. 45–65, особенно стр. 58–63; S.P.Thompson. The Life of William Thomson Baron Lekvin of Largs. London, 1910, II, p. 1021–1027.

[48] Пример битвы с аристотелианцами см.: A.Koyré. A Documentary History of the Problem of Fall from Kepler to Newton. – «Transactions of the American Philosophical Society», XLV, 1955, p. 329–395. О спорах с картезианцами и последователями Лейбница см.: P. Brunet. L'introduction des théories de Newton en France au XVIII siècle. Paris, 1931; A. Koyré. From the Closed World to the Infinite Universe. Baltimore, 1957, chap. XI.

что-нибудь подобное или вообще не бывает. Если рассматривать все области науки вместе, то она часто кажется скорее шатким сооружением со слабой согласованностью между различными звеньями. Однако все, что мы говорим, не следует рассматривать как противоречие с этим хорошо известным наблюдением. Наоборот, замена парадигм на правила должна облегчить понимание разделения между научными областями и специальностями. Эксплицитные правила, когда они существуют, оказываются обычно общими для весьма большой научной группы, но для парадигм это совсем не обязательно. Исследователи в весьма далеких друг от друга областях науки, скажем, в астрономии и таксономической ботанике, получают образование на основе совершенно разных достижений, изложенных в самых разных книгах. И даже ученые, которые работают в тех же или тесно примыкающих областях, приступив к изучению одних и тех же учебников и достижений, вероятнее всего, приобретут различные парадигмы в процессе профессиональной специализации.

В качестве одного из возможных примеров рассмотрим довольно большое и пестрое сообщество, в которое входят все ученые-физики. В настоящее время каждый член этой группы изучает, скажем, законы квантовой механики и большинство из них используют эти законы в процессе исследования или преподавания. Но не все они заучивают одни и те же приложения этих законов, и, следовательно, не все они в своих взглядах будут одинаково подвержены воздействиям изменений в квантово-механических исследованиях. На пути к профессиональной специализации некоторые из ученых-физиков встречаются только с основными принципами квантовой механики. Другие детально изучают парадигмальные применения этих принципов к химии, а кое-кто – к физике твердого тела и т. д. То, что означает квантовая механика для каждого из них, зависит от того, какие курсы он прослушал, какие учебники читал и какие журналы изучал. Из этого следует, что, хотя изменение в квантово-механических законах будет революционным для каждой из этих групп, изменение, отражающее только одно или другое парадигмальное применение квантовой механики, окажется революционным только для членов частной профессиональной подгруппы. Для остальных же представителей этой профессии и для тех, кто занимался исследованиями в других физических науках, это изменение вообще не обязательно должно быть революционным. Короче, хотя квантовая механика (или динамика Ньютона, или электромагнитная теория) является парадигмой для многих научных групп, она не будет парадигмой в равной мере для всех. Следовательно, она может одновременно определять различные традиции нормальной науки, которые частично накладываются друг на друга, хотя и не совпадают во времени и пространстве. Революция, происшедшая в рамках одной из традиций, вовсе не обязательно охватывает в равной мере и другие.

Одна короткая иллюстрация последствия специализации может сделать это рассуждение более убедительным. Исследователь, который надеялся узнать кое-что о том, как ученые представляют теорию атома, спросил у выдающегося физика и видного химика, является ли один атом гелия молекулой или нет. Оба отвечали без колебания, но их ответы были разными. Для химика атом гелия был молекулой, потому что он вел себя как молекула в соответствии с кинетической теорией газов. Наоборот, для физика атом гелия не был молекулой, поскольку он не давал молекулярного спектра[49]. Очевидно, оба они говорили о той же самой частице, но рассматривали ее через собственные исследовательские навыки и практику. Их опыт в решении проблемы подсказал им, что должна представлять собой молекула. Без сомнения, опыт каждого из них имел много общего с опытом другого, но в этом случае

[49] Этим исследователем был Джеймс К. Сеньор, которому я признателен за устное сообщение. Некоторые подобные вопросы рассмотрены в его статье: J.K. Senior. The Vernacular of the Laboratory. – «Philosophy of Science», XXV, 1958, p. 163–168.

они не дали специалистам одного и того же ответа. В дальнейшем мы исследуем, насколько важные последствия могут иногда иметь различия такого рода, относящиеся к парадигмам.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, купив полную легальную версию на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.