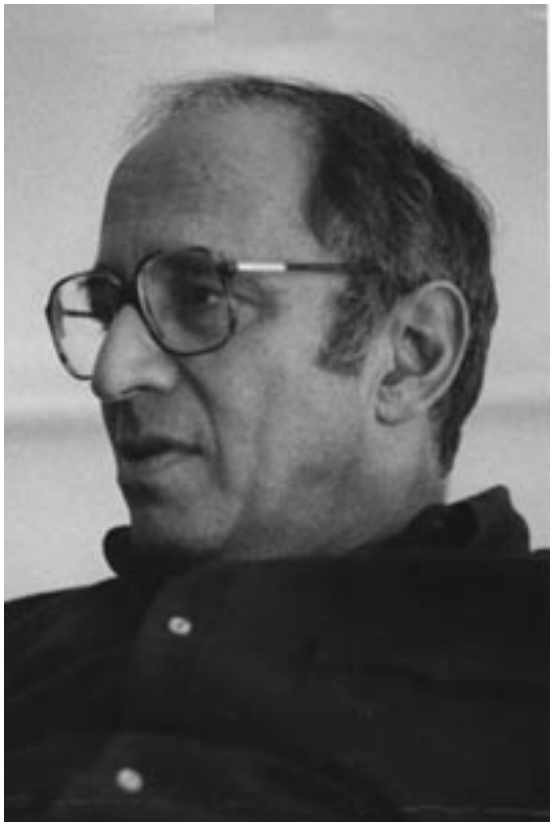
ЛОГИКА И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ

Т. Кун

СТРУКТУРА НАУЧНЫХ РЕВОЛЮЦИЙ



T. S. Kuhn.
THE STRUCTURE OF SCIENTIFIC REVOLUTIONS

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS.
Chicago 1970

Томас Кун
СТРУКТУРА НАУЧНЫХ РЕВОЛЮЦИЙ

Перевод
с английского И. З. НАЛЕТОВА

«ПРОГРЕСС»
МОСКВА 1977

Структура научных революций. 1962 с доп.1969г.

Т. Кун. Структура научных революций. С вводной статьей и дополнениями 1969г. - М.: Прогресс, 1977.- 300с.

СОДЕРЖАНИЕ

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, 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

[1] Особое влияние на меня оказали работы: A. Koyre. Etudes Galileennes, 3 vols. Paris, 1939; E. Meyerson. Identity and Reality. New York, 1930; H. Metzger. Les doctrines chimiques en France du debut du XVIIe a la fin du XVIIIe siecle. Paris, 1923; H. Metzger. Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique. Paris, 1930; A. Maier. Die Vorlaufer Galileis im 14. Jahrhundert («Studien zur Naturphilosophie der Spatscholastik». Rome, 1949).

от одного типа к другому[2]. Один из моих коллег предложил мне почитать статьи по психологии восприятия, в особенности по гештальтпсихологии; другой познакомил с соображениями Б. Л. Уорфа относительно воздействия языка на представление о мире; У. Куайн открыл для меня философские загадки различия между аналитическими и синтетическими предложениями3. В ходе этих случайных занятии, 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 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

[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.

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 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 вконечном 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 знания4. 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 ори-

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.

ентированного 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 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 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 Кэмбриджа 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. Файерабенд 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 путя-

ми 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 Т. С. К.

февраль, 1962

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 мето-

дикой 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 изобрете-

ний. В то же время этим историкам все труднее становится отличать «научное» содержание прошлых наблюдений и убеждений от того, что их предшественники с говностью 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 изучения химии или электрических явлений? Какие именно из многочисленных экспериментов, возможных в новой для него области, он предпочтет выполнить в первую оче-

редь? 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 ингридиентом 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 взаимодей-

ствуют 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 произвольности, сама природа нормального исследования дает гарантию, что эти новшества не будут подавляться слишком долго. Иногда проблема нормальной науки, проблема, которая долж-

на 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,—начинаюся 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 той или иной освященной веками научной теории 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 по-

пытки 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

снования». 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 *, 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?

* В широком плане (итал.). — Прим. перед.

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

На пути к нормальной науке 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 парадигмы. 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 дав-

ления световых частиц, ударяющихся о твердые тела; ранние же приверженцы волновой теории вовсе не стремились к этому1.

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* или откладывали нерешенные проблемы дальнейшего исследования2.

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 под-

1 J. Pries1ey. The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light, and Colours, London, 1772, p. 385—390.

* Гипотетические построения, специально создаваемые для данного конкретного случая. — Прим. перев.

2 V.Ronchi, Histoire de la lumiere. Paris, 1956, chaps. I—IV.

ходят 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, Дезагюлье, 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, все они были компонентами действительно научных теорий, — теорий, ко-

торые 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 сходство3.

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 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

1 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.

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 эзотермическими 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 (наиример, нагревание кучи навоза), которые в течении определенного времени оставались слишком сложными, чтобы их можно было включить в какую бы то ни было рюстную теорию4. Кроме того, поскольку любое описание неизбежно неполно, древняя естественна

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

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 электрическим5. 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 подтверждаются6. 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. Не удивительно поэтому, что на ранних стадиях развития любой науки различные исследо-

5 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.

6Ф. 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. Clagett. Giovanni Marliani and Late Medieval Physics N. Y., 1941, chap.IV,

ватели, 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 «элекрической 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 друга7. Почти с самого начала исследований в области электричества Франклин особенно заинтересовался объяснением этого странного и многообещающего вида специальной 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 отталкивания8. Принимаемая в качестве парадигмы теория должна казаться лучшей, чем конкурирующие с ней другие

7 D. Roller and D. H. Roller. Op. cit., p. 51—54.

8 В трудных случаях взаимного отталкивания отрицательно заряженных тел см.: Cohen. Op. cit., p. 491-494, 531-543.

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 времени9. 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 электри-

9Следует 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, 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).

честву, подтверждая тем самым возможность распространить на общество проницательное методологическое изречение Фрэнсиса Бэкона: «Истина все же скорее возникает из заблуждения, чем из неясности...» 10.

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 11.

10Ф. Бэкон. Соч., т. 2, стр. 117.

11История 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 интереснее наблюдать стойкость целых школ, все 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. Gil1ispie. The Encyclopedie 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 internationale d'histore des sciences», XXXVII, 1956, p. 323—338.

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'etre* 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

* Основание для существования (франц.),—Прим. перев,

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. Профессиональпая 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 истолкования для непрофессионалов к концу XVIII века, 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[12]. 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

[12]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 Electrric Charges in the Eighteenth Century. – «Annals of Science», I, 1936, p. 66-100; E. Hoppe. Geschichte der Elektrizitat. Leipzig, 1884, Part. I, chaps. III-IV.

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 вначале XIX столетия. Иными словами, они пришли 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.

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»* 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»** 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

* Люблю, любишь, любит (лат.). — Прим. перед. ** Хвалю, хвалишь, хвалит (лат.). — Прим. перев.

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 требует предсказания новых видов явлений: явления, которые не вмещаются в эту коробку, 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 другими1. 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

1B. Barber. Resistance by Scientists to Scientific Discovery — «Science», CXXXIV, 1961, p. 596—602.

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 разлнчные 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 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 кагегорий 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 таких области2. 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,

[2]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.

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 другом3. 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 разработка 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

3 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. Patterns of Discovery. Cambridge, 1958, p. 100—102. О последних двух видах специальной аппаратуры см.:
M. L. Foucault. Methode generale pour mesurer la vitesse de la lumiere dans l'air et les milieux transparants. Vitesses relatives de la lumiere dans l'air et dans 1'eau...—«Comptes rendus... de 1'Academie des sciences», XXX, 1850, p. 551—560; C. L. Cowan. Jr., et al Detection Free Neutrino: A. Confirmation.—«Science», CXXIV,1956, p. 103-104.

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 постоянна занимала центральное место в физической теории, многие выдающиеся экспериментаторы неоднократно направляли свои усилия на уточнение ее значения4. В качестве других примеров работы в этом направлении можно упомянуть определения астрономически 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. Од-

4 Д. Пойнтинг рассматривает около двух дюжин попыток измерения гравитационной постоянной в период с 1741 по 1901 год г «Gravitation Constant and Mean Density of the Earth».—«Encvil paedia Britannica», Ilth ed. Cambridge, 1910—1911, XII, p. 385— 389.

нако история никак не подтверждает применение такого чисто бэконовского метода. Эксперименты Бойля были бы немыслимы, пока воздух рассматривался как упругий 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) 5. 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[6]. 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 обнаружения7.

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

[5] 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.
6D. 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.

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

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, благодари 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 результатов8. 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

8 T. S. K u h n. The Caloric Theory of Adiabatic Compression. «Isis», XLIX, 1958, p. 132—140.

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 имеет собственную ценность, а потому, что они непосредственно смыкаются с экспериментом. Их цель заключается в том, чтобы найти новое применение парадигмы 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 докательства, 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 изучения 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 умел 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 помощцо 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 изучении 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 Бернули, 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 конкретно9.

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 при-

9 C. Truesde1. 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 Mediae nics to Success, Conjecture, Error, and Failure in Newton's «Prncipian».— «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:

нять 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[10].

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 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

[10]Wolf. Op. cit, p. 75—81, 96-101; W. WhewelL History i Inductive Sciences, rev. ed. London, 1847, II, p. 213—271,

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 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 имени 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 Лагранж 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 механики11.

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 другой пример: те же 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, но их работа давала не просто новую информацию, но и более точную парадигму, благодаря

11D u g a s. Histoire de la mecanique. Neuchatel, 1950, Books

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 полны, все детали результата, за исключением разве что наиболее тонких, известны заранее, так что 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 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, 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 парадигмы, которая обещала те же самые резуль-

таты 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 тот энтузиазм и увлеченость, 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 такокого 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-гволомки—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 разлнчными 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 являю ся 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’. На-

1Разочарование, 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.

учное 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 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[2]. До тех пор пока эти условия не удовлетворены, ни одна проблема не может считаться решенной.

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

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

них предположили 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 успехом3. Другое решение вопроса могло дать лишь изменение в правилах игры.

Изучение традиций нормальной науки раскрывает множество дополнительных правил, а они в свою очеред дают массу информации о тех предписаниях, которые выводят ученые из своих парадигм. Что же можно сказать об основных категориях, которые охватывают эти правила?4 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 исследования5. 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 молеку-

3 W. Whewel1. History of the Inductive Sciences, rev. ed. London,1847, II, p. 101—105; 220—222.

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

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

лы, соединения и смеси[6]. 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 века7. Гельмгольц в XIX веке натолкнулся на сильное противодействие со стороны физиологов, полагавших, что физическое экспериментирование не может помочь исследованиям в их области8. 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[9]. Анализируя открытие рентгеновских лучей, мы обнаружим основания для возникновения предписаний подобного рода.

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 микро-

6 Этот пример подробно обсуждается в конце X раздела.

7 H. M e t z g e r. Les doctrines chimiques en France du debut du XVII" siecle a la fin du XVIII siecle, Paris, 1923, p. 359—361; M a-r i e Boas. Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry. Cambridge, 1958, p. 112—115.

8 L. Konigsberger. Hermann von Helmholtz. Oxford, 1906, p. 65—66.

9 J. E. M e i n h a r d. Chromatography: A Perspective. — «Science», CX, 1949, p. 387—392.

скопических 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 каких 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 10. 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 явно-

10 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

го 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 нормального 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 обобщении 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 изучением парадигм. Этому процессу часто способствуют формули-

ровки правил и допущений, но он не зависит от них. В самом деле, существование парадигмы даже неявно не полагало обязательного наличия полного набора правил1.

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 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»?2

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 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 савокупности характеристик. Хотя обсуждение некоторых неотъемлемых свойств, присущих ряду игр, стульев или листьев, часто помогает нам научиться использовать соответствующий термин, нет такого ряда

1М. Поляни 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.

2L. 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.

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 различимых 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 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 игры. Вторая причина, в отношении которой первая 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 поко-

ление исследователей будет осваивать свою профессию. Приложения не являются просто украшением теории и не выполняют только документальную роль. Напротив, процесс ознакомления с теорией зависит от изучении 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 боле 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 направляют научное исследование как благо-

даря непосредственному моделированию, так и с помощью абстрагированных из них правил. Нормальная 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 столетия3. 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 продолжаются4. Еще живы те, кто, может быть, помнит подобные дискуссии, порожденные электромагнитной теорией Максвелла и статистиче-

3 О развитии этого тезиса применительно к химии см.: H. Metzger. Les doctrines chimiques en France du debut du XVI1e a la fin du VIII" siecle. 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 Canton The Uniformitarian-Catastrophist Debate. — «Isis», LI, 1960, I W -65; C. C. G i 1 1 i s p i e. Genesis and Geology. Cambridge, Mass., 1951. chaps. IV—V.

4О спорах в квантовой механике см.: J. U11ino. La crise de la physique quantique. Paris, 1950, chap. II.

ской механикой5. А еще раньше восприятие механики Галилея и Ньютона вызвало особенно знаменитую серию споров с аристотелианцами, картезианцами и последователями Лейбница о стандартах, правомерных к науке6. Когда ученые спорят о том, были ли решены фундаментальные проблемы в их области, поиски 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 и, 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

5 О статистической механике см.: R. Dugas. La theorie 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—193I», 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—10:'7.

6 Пример битвы с аристотелианцами см.: A. Koyrë. 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 Лейбницf см.: P. Brunei. L'introduction des theories de Newton en France au XVIII siecle. Paris, 1931; A. K o y r ë. From the Closed World tu the Infinite Universe. Baltimore, 1957, chap. XI.

должно устоять или рухнуть вместе с любой из ее парадигм или со всеми вместе. Но в науке, по-видимому, бывает 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 использует эти законы в процессе исследования или преподавания. Но не все они заучивают одни и те же приложения этих законов, следовательно, не все они в своих взглядах будут одинаково подвержены воздействиям изменений в квантовомеханических 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 читалал 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 mhorих 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 спектра7. 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 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.

7 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.

VI

АНОМАЛИЯ И ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАУЧНЫХ ОТКРЫТИЙ

Нормальная наука, деятельность по решению головоломок, которую мы только что рассмотрели, представляет собой в высшей степени кумулятивное предприятие, необычайно успешное в достижении своей цели, то есть в постоянном расширении пределов научного знания и в его уточнении. Во всех этих аспектах она весьма точно соответствует наиболее распростриненному представлению о научной работе. Однако один из стандартных видов продукции научного предприятия здесь упущен. Нормальная наука не ставит своей целью нахождение нового факта или теории, и успех в нормальном научном исследовании состоит вовсе не в этом. Тем не менее новые явления, о существовании которых никто не подозревал, вновь и вновь открываются научными исследованиями, а радикально новые теории опять и опять изобретаются учеными. История даже наводит на мысль, что научное предприятие создало исключительно мощную технику для того, чтобы преподносить сюрпризы подобного рода. Если эту характеристику науки нужно согласовать с тем, что уже было сказано, тогда исследование, использующее парадигму, должно быть особенно эффективным стимулом для изменения той же парадигмы. Именно это и делается новыми фундаментальными фактами и теориями. Они создаются непреднамеренно в ходе игры по одному набору правил. После того как они стали элементами научного знания, наука, по крайней мере в тех частных областях, которым принадлежат эти новшества, никогда не остается той же самой.

Нам следует теперь выяснить, как возникают изменения подобного рода, рассматривая впервые сделанные открытия или новые факты, а затем изобретения или новые теории. Однако это различие между открытием и изобретением или между фактом и теорией на

первый взгляд может показаться чрезвычайно искусственным. Тем не менее его искусственность дает важный ключ к нескольким основным тезисам данной работы. Рассматривая ниже в настоящем разделе отдельные открытия, мы очень быстро придем к выводу, что они являются не изолированными событиями, а длительными эпизодами с регулярно повторяющейся структурой. Открытие начинается с осознания аномалии, то есть с установления того факта, что природа каким-то образом нарушила навеянные парадигмой ожидания, направляющие развитие нормальной науки. Это приводит затем к более или менее расширенному исследованию области аномалии. И этот процесс завершается только тогда, когда парадигмальная теория приспосабливается к новым обстоятельствам таким образом, что аномалии сами становятся ожидаемыми. Усвоение теорией нового вида фактов требует чего-то большего, нежели просто дополнительного приспособления теории до тех пор пока это приспособление не будет полностью завершено, то есть пока ученый не научится видеть природу в ином свете, новый факт не может считаться вообще фактом вполне научным.

Чтобы увидеть, как тесно переплетаются фактические и теоретические новшества в научном открытии, рассмотрим хорошо известный пример — открытие кислорода. По крайней мере три человека имеют законное право претендовать на это открытие, и, кроме них еще несколько химиков в начале 70-х годов XVIII века, осуществляли обогащение воздуха в лабораторных со судах, хотя сами не знали об этой стороне своих опытов1. Прогресс нормальной науки, в данном случае химии газов, весьма основательно подготовил для этого почву. Самым первым претендентом, получившим отно-

’ По поводу дискуссии об открытии кислорода, которая считается классической до сих пор, см.: A. N. Me1dгит. The Eiglilonilli Century Revolution in Science—the First Phase. Calcutta, 14:11 chap. V. Недавний, не вызывающий возражений обзор, включая рассмотрение предшествующих споров, дал М. Дома: M. Daumas Lavoisier, theoricien et experimentateur. Paris, 1955, chaps. II-III. Более полный анализ и библиографию см. также: T. S. K u h n. The Historical Structure of Scientific Discovery.—«Science», CXXXVI, June 1, 1962, p. 760—764,

сительно чистую пробу газа, был шведский аптекарь К. В. Шееле. Тем не менее мы можем игнорировать его, так как она не была опубликована до тех пор, пока о повторном открытии кислорода не было заявлено в другом месте, и, таким образом, его работа никак не сказалась на исторической модели, которая интересует в данном случае прежде всего2. Вторым по времени заявившим об открытии был английский ученый богослов Джозеф Пристли, который собрал газ, выделившийся при нагревании красной окиси ртути, как исходный материал для последующего нормального исследывания «воздухов», выделяемых большим количеством твердых веществ. В 1774 году он отождествил газ, полученный таким образом, с закисью азота, а в 1775 осуществляя дальнейшие проверки,—с воздухом вообще, имеющим меньшую, чем обычно, дозу флогистона. Третий претендент, Лавуазье, начал работу, которая привела его к открытию кислорода, после эксперимента Пристли в 1774 году и, возможно, благодаря намеку со стороны Пристли. В начале 1775 года Лавуазье сообщил, что газ, получаемый после нагревания красной окиси ртути, представляет собой «воздух как таковой без изменений [за исключением того, что]... он оказывается более чистым, более пригодным для дыхания2. К 1777 году, вероятно не без второго намека Пристли , Лавуазье пришел к выводу, что это был газ особой разновидности, один из основных компонентов, составляющих атмосферу. Сам Пристли с таким выводом никогда не смог бы согласиться.

Эта схема открытия поднимает вопрос, который следует задать о каждом новом явлении, осознаваемом учеными. Кто первый открыл кислород: Пристли, Лавуазье или кто-то еще? Как бы то ни было, возникает и другой вопрос: когда был открыт кислород? Последний вопрос был бы уместен даже в том случае, если бы

2 О другой оценке роли Шееле см.: Uno Bocklund. A Lost Letter from Scheele to Lavoisier. – "Lychnos", 1957-1958, p 39-62.

3 J.B.Conant. The Overthrow of the Phlogiston Theory: The Chemical Revolution of 1775-1789. – "Harward Case Histories in Experimental Science", Case 2. Cambridge. Mass., 1950, p 23. Эта очень полезная брошюра воспроизводит много необходимых документов.

существовал только один претендент. Сами по себе вопросы приоритета и даты нас, вообще говоря, не интересуют. Тем не менее стремление найти ответ на них освещает природу научного открытия, потому что нет очевидного ответа на подобный вопрос. Открытие не относится к числу тех процессов, по отношению к котрым вопрос о приоритете является полностью адекватным. Тот факт, что он поставлен (вопрос о приоритете в открытии кислорода не раз поднимался с 80-х годов XVIII века), есть симптом какого-то искажения образа науки, которая отводит открытию такую фундаментальную роль. Вернемся еще раз к нашему примеру. Претензии Пристли по поводу открытия кислорода основывались на его приоритете в получении газа, который позднее был признан особым, не известным до тех пор видом газа. Но проба Пристли не была чистой, и если получение кислорода с примесями считать его открытием, тогда то же в принципе можно сказать о всех тех, кто когда-либо заключал в сосуд атмосферный воздух. Кроме того, если Пристли был первооткрывателем, то когда в таком случае было сделано открытие? В 1774 году он считал, что получил закись азота, то есть разновидность газа, которую он уже знал. В 1775 году он полагал, что полученный газ является дефлогистированным воздухом, но еще не кислородом. Для химика, придерживающегося теории флогистона, это был совершенно неведомый вид газа. Претензии Лавуазье более основательны, но они поднимают те же самые проблемы. Если мы не отдаем пальму первенства Пристли, то мы не можем присудить ее и Лавуазье за работу 1775 года, в которой он приходит к выводу об идентичности газа с «воздухом как таковым». По-видимому, больше похожи на открытие работы 1776 и 1777 годов, в которых Лавуазье не просто указывает на существование газа, но и показывает, что представляет собой этот газ. Однако и это решение можно было бы подвергнуть сомнению. Дело в том, что и в 1777 году, и до конца своей жизни Лавуазье настаивал на том, что кислород представляет собой атомарный «элемент кислотности» и что кислород как газ образуется только тогда, когда этот «элемент» соединяется с теплородом

с материей теплоты4. Можем ли мы на этом основании говорить, что кислород в 1777 году еще не был открыт? Подобный соблазн может возникнуть. Но элемент кислотности был изгнан из химии только после 1810 года, а понятие теплорода умирало еще до 60-х годов XIX. Кислород стал рассматриваться в качестве обычного хического вещества еще до этих событий.

Очевидно, что требуется новый словарь и новые понятия того, чтобы анализировать события, подобные открытию кислорода. Хотя предложение «Кислород был открыт», несомненно, правильно, оно вводит в заблуждение внушая мысль, что открытие чего-либо представляет собой простой единичный акт, сравнимый с нашим обычным (а также не слишком удачным) понятием видения. Вот почему мы так охотно соглашаемся с тем, что процесс открытия, подобно зрению или осязанию, столь же определенно должен быть приписан отдельной личности и определенному моменту времени. Но открытие никогда невозможно приурочить к определенному моменту; часто его нельзя и точно датировать. Игнорируя Шееле, мы можем уверенно сказать, что кислород не был открыт до 1774 года. Мы могли бы, вероятно, также сказать, что он был открыт к 1777 году или немногим позже. Но в этих границах или других, подобных этим, любая попытка датировать открытие неизбежно должна быть произвольной, поскольку открытие нового вида явлений представляет собой по необходимости сложное событие. Оно предполагает осознание и того, что произошло, и того, каким образом оно возникло. Заметим, например, что если кислород является для нас воздухом с меньшей долей флогистона, то мы должны утверждать без колебаний, что первооткрывателем его был Пристли, хотя еще и не знаем, когда было сделано открытие. Но если с открытием неразрывно связано не только наблюдение, но и концептуализация, обнаружение самого факта и усвоение его теорией, тогда открытие есть процесс и должно быть длительным по времени. Только если все

4H.Metzger. La philosophie de la matiure chez Lavoisier. Paris, 1935; Daumas. Op. cit., chap. VII.

соответствующие концептуальные категории подготовлены заранее, открытие чего-то и определение, что это такое, легко осуществляется совместно и одновременно (но в таком случае нельзя было бы говорить о явлении нового вида).

Допустим теперь, что открытие предполагает продолжительный, хотя и не обязательно очень длительный, процесс концептуального усвоения. Можем ли мы так же сказать, что оно влечет за собой изменение парадигмы? На этот вопрос нельзя дать общего ответа ни в данном случае по крайней мере ответ должен быть утвердительным. То, о чем писал Лавуазье в своих статьях начиная с 1777 года, было не столько открытием кислорода, сколько кислородной теорией горения. Эта теория была ключом для перестройки химии, причем такой основательной, что ее обычно называют революцией в химии. В самом деле, если бы открытие кислорода не было непосредственной частью процесса возникновения новой парадигмы в химии, то вопрос о приоритете, с которого мы начали, никогда не казался бы таким важным. В этом случае, как и в других, определение того, имеет ли место новое явление, и, таким образом, установление его первооткрывателя меняется в зависимости от нашей оценки той степени, в которой это явление нарушило ожидания, вытекающие из парадигмы. Заметим, однако (так как это будет важно в дальнейшем), что открытие кислорода само по себе не было причиной изменения химической теории. Задолго до того, как Лавуазье сыграл свою роль в открытии нового газа, он был убежден, что в теории флогистона было что-то неверным и что горящие тела поглощаю какую-то часть атмосферы. Многие соображения по этому вопросу он сообщил в заметках, отданных на хранение во Французскую Академию в 1772 году5. Работа Лавуазье над вопросом о существовании кислорода дополнительно способствовала укреплению его прежнего мнения, что где-то был допущен просчет. Она

5 Наиболее авторитетное изложение причин неудовлетворенносnи Лавуазье было предпринято в: H. G u e г 1 a c. Lavoisier—the Cniria Year: The Background and Origin of His First Experiments on Coni bustion in 1772. Ithaca, N. Y., 1961.

подсказала ему то, что он уже готов был открыть, — природу вещества, которое при окислении поглощается из атмосферы. Это более четкое осознание трудностей, вероятно, было главным, что заставило Лавуазье увидеть в экспериментах, подобных экспериментам Пристли, газ, который сам Пристли обнаружить не смог. И наоборот, для того, чтобы увидеть то, что удалось увидеть Лавуазье, был необходим основательный пересмотр парадигм, что оказалось принципиальной причиной того, что Пристли до конца своей жизни не смог увидеть кислород.

Два других и гораздо более кратких примера подтвердят многое из сказанного. Одновременно они позволят нам перейти от выяснения природы открытий к пониманию обстоятельств, при которых они возникают в науке. Стараясь представить главные пути, которыми могут возникать открытия, мы выбрали эти примеры так, чтобы они отличались как друг от друга, так и от открытия кислорода. Первый, открытие рентгеновских лучей, представляет собой классический пример случайного открытия. Данный тип открытия встречается гораздо чаще, чем это можно заключить на основании сухих стаартных сообщений. История открытия рентгеновских лучей начинается с того дня, когда физик Рентген прервал нормальное исследование катодных лучей, поскольку заметил, что экран, покрытый платиносинеродистым барием, на некотором расстоянии от экранирующего устройства светился во время разряда. Дальнейшее исследование (оно заняло семь изнурительных недель, в течение которых Рентген редко покидал лабораторию) показало, что причиной свечения являются прямые лучи, исходящие от катодно-лучевой трубки, что излучение дает тень, не может быть отклонено с помощью магнита и многое другое. До того как Рентген объявил о своем открытии, он пришел к убеждению, что этот эффект обусловлен не катодными лучами, а излучением, в некоторой степени напоминающим свет6.

6L.W.Taylor. Physics, the Pioneer Science. Boston, 1941, p. 790-794; T.W.Chalmers. Historic Researches. London, 1949, p. 218-219.

Даже такое краткое изложение сути дела показывает разительное сходство с открытием кислорода: до экспериментов с красной окисью ртути Лавуазье проводил эксперименты, которые не подтверждали предсказания с точки зрения флогистонной парадигмы. Открытие Рентгена началось с обнаружения свечения экрана, когда этого нельзя было ожидать. В обоих случаях осознание аномалии, то есть явления, к восприятию которого парадигма не подготовила исследователя, сыграло главную роль в подготовке почвы для понимания новшества. Но опять-таки в обоих случаях ощущение того, что не все идет, как задумано, было лишь прелюдией к открытию. Ни открытие кислорода, ни открытие рентгеновских лучей не совершались без дальнейшего процесса экспериментирования и усвоения. Например, в каком пункте работы Рентгена можно сказать, что рентгеновские лучи действительно уже открыты? В любом случае это открытие совершилось не на первом этапе, когда было замечено только свечение экрана. По крайней мере еще один исследователь наблюдал это свечение и ничего нового не обнаружил, что впоследствии вызвало его досаду7 . Точно так же – и это вполне очевидно – момент открытия нельзя было приблизить и в течение последней недели исследования, когда Рентген изучал свойства нового излучения, которое он уже открыл. Мы можем сказать лишь, что рентгеновские лучи были открыты в Вюрцбурге в период между 8 ноября и 28 декабря 1895 года.

Однако, если взять третью из перечисленных выше категорий фактов, то здесь наличие важных аналогий между открытием кислорода и рентгеновских лучей далеко не так очевидно. В отличие от открытия кислорода открытие рентгеновских лучей, по крайней мере в течение последующих 10 лет, не вызвало ни одного явного изменения в научной теории. В таком случае возникает вопрос: в каком смысле можно говорить, что вос-

7 E.T.Whittaker. A History of the Theories of Aether and Electricity, I, 2d ed. London, 1951, p. 358, n. 1. Джордж Томсон сообщил мне о втором досадном просчете. Если бы Вильям Крукс был бы более внимателен к странным образом засвеченной фотопластинке, он также встал бы на путь открытия.

приятие этого открытия потребовало изменения парадигмы? Повод для отрицания этого изменения весьма серьезен. Разумеется, парадигмы, признанные Рентгеном и его современниками, нельзя было использовать для предсказания рентгеновских лучей. Электромагнитная теория Максвелла еще не была принята повсеместно, а партикулярная теория катодных лучей* была лишь одним из многих ходячих спекулятивных построений. Но ни одна из этих парадигм, по крайней мере в любом известном смысле, не накладывала запрет на существование рентгеновских лучей так, как теория флогистона запрещала интерпретацию полученного Пристли газа в смысле, предложенном Лавуазье. Наоборот, в 1895 году принятые научные теории и практика научных исследований допускали ряд различных типов излучения видимого, инфракрасного и ультрафиолетового света. Почему бы, спрашивается, не считать рентгеновские лучи еще одной формой хорошо известного класса явлений природы? Например, почему они не были восприняты точно так же, как воспринимается открытие новых химических элементов? Новые элементы, заполняющие пустые клетки в периодической таблице, разыскивались и обнаруживались во времена Рентгена. Их поиск был типичным проектом для нормальной науки, а успех был лишь поводом для поздравлений, но не для удивления.

Тем не менее открытие рентгеновских лучей было не только удивительным, но и потрясающим. Лорд Кельвин объявил их вначале тщательно разработанной мистификацией8. Другие же, хотя и не сомневались в доказательстве, были явно потрясены открытием. Если наличие рентгеновских лучей и не вступало в явное противоречие с установившейся теорией, они все же нарушали глубоко укоренившиеся ожидания. Эти ожидания, как я полагаю, скрыто присутствовали в проведении и интерпретации отработанных лабораторных процедур.

*Партикулярная теория катодных лучей—теория, рассматривающая катодные лучи как поток движущихся микрочастиц. — Прим. пер.

8 S.P.Thompson. The Life of Sir William Thomson Baron Kelvin of Largs London, 1910, II, p. 1125.

К 90-м годам XIX века установками для получения катодных лучей было оснащено множество лабораторий в Европе. Если установка Рентгена позволяла получать рентгеновские лучи, то многие другие экспериментаторы, должно быть, в течение некоторого времени получали эти лучи, но сами этого не знали. Возможно, что эти лучи могли иметь точно так же и другие неизвестные источники и таким образом присутствовали и в других явлениях, объясненных ранее без упоминания о рентгеновских лучах. По крайней мере некоторые виды хорошо известных приборов следовало с этого времени снабжать свинцовыми экранами. Теперь предварительно выполненную по проектам нормальной науки работу необходимо было проделать заново, поскольку до сих пор ученым не удавалось узнать и проконтролировать соответствующие переменные величины. Рентгеновские лучи, разумеется, открыли новую область и таким образом расширили потенциальную сферу нормальной науки. Но сейчас наиболее важный момент состоял в том, что они внесли изменения в те области, которые уже существовали. В силу этого они отняли у прежних парадигмальных типов инструментария право на этот титул.

Короче говоря, решение использовать особый вид аппаратуры и эксплуатировать его особым образом влечет за собой допущение, сознательно или нет, что будут иметь значение только определенные виды условий. Ожидания бывают как инструментальные, так и теоретические, и они часто играли решающую роль в развитии науки. Одно из таких ожиданий, например, имело большое значение в истории запоздалого открытия кислорода. Используя стандартный способ проверки воздуха на "доброкачественность", и Пристли и Лавуазье смешивали два объема обнаруженного ими газа с одним объемом окиси азотистой кислоты, встряхивали смесь в присутствии воды и измеряли объем оставшегося газа. Предыдущий опыт, на основе которого была установлена эта стандартная процедура, гарантировал им, что для атмосферного воздуха остаток должен быть равен одному объему и что для любого другого газа (или для неочищенного воздуха) он должен быть боль-

больше. В эксперименте с кислородом как Пристли, так и Лавуазье обнаружили остаток, близкий одному объему, и в соответствии с этим идентифицировали газ. Только значительно позже и в какой-то степени случайно Пристли отбросил стандартную процедуру и попытался смешивать окись азотистой кислоты с газом в другой пропорции. Тогда он и обнаружил, что с учетверенным объемом окиси азотистой кислоты остатка вообще почти не наблюдается. Его предписание относительно исходной процедуры контрольного эксперимента – процедуры, санкционированной большим предшествующим опытом, – было одновременно предписанием отрицать существование газов, которые могли вести себя так, как кислород9.

Иллюстрации такого рода можно было бы умножить, обращаясь, например, к причинам того, почему так поздно было правильно понято деление урана. Одна из причин, почему эта ядерная реакция оказалась особенно трудной для распознания, заключалась в том, что ученые, знавшие, чего можно ожидать при бомбардировке урана, предпочитали химические способы проверки, направленные главным образом на элементы верхнего ряда периодической системы элементов10.

9Conant. Op. cit., p. 18-20.

10K.K.Darrow. Nuclear Fission. – "Bell System Technical Journal", XIX, 1940, p. 267-289. Криптон, один из основных продуктов деления, невозможно было обнаружить химическим способом до тех пор, пока реакция не была правильно понята. Барий, второй продукт, был почти обнаружен химическим путем на поздней стадии исследования, потому что оказалось, что элемент, присоединяемый к радиоактивному раствору, осаждает тяжелый элемент, ради которого химики затевали эксперимент. Неудачи отделений связанного бария от радиоактивного продукта в конце концов привели (после того как реакция неоднократно исследовалась в течение почти пяти лет) к следующему заключению: "Как химики, мы должны прийти через это исследование... к изменению всех наименований в предшествующей схеме реакции и, таким образом, писать Ba, La, Ce, вместо Ra, Ac, Th. Но, как "ядерные химики" с уклоном в физику, мы не можем совершать скачок, который был бы опровержением всего предшествующего опыта атомной физики. Возможно, что наши результаты являются обманчивыми вследствие серии странных случайностей" (O.Hahn and F.Strassman. Ьber den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehended) Erdalkalimetalle. – "Die Naturwissenschaften", XXVII [I 939], S. 15).

Должны ли мы, наблюдая за тем, как часто такие инструментальные предписания приводят к заблуждениям, сделать вывод, что наука должна отказаться от стандартных проверок и стандартных инструментов? Это могло бы привести к неразберихе в методе исследования. Процедуры парадигмы и ее приложения необходимы науке так же, как парадигмальные законы и теории, и служат тем же самым целям. Они неизбежно сужают область явлений, доступную в данное время для научного исследования. Осознавая это, мы в то же время можем видеть тот существенный момент, согласно которому открытия, подобные открытию рентгеновских лучей, делают необходимым изменение парадигмы – и, следовательно, изменение как процедур, так и ожиданий – для определенной части научного сообщества. В результате мы можем также понять, каким образом открытие рентгеновских лучей могло показаться многим ученым открытием нового странного мира и могло так эффективно участвовать в кризисе, который привел к физике XX века.

Наш последний пример научного открытия – создание лейденской банки – относится к классу, который можно характеризовать как открытия, "индуцированные теорией" (theory-induced). На первый взгляд этот термин может показаться парадоксальным. Многое из того, что было сказано до сих пор, внушало мысль, что открытия, предсказанные теорией заранее, являются частями нормальной науки, в результате чего в рамках этих открытий новые виды фактов отсутствуют. Выше я касался, например, открытий новых химических элементов во второй половине XIX века как примеров деятельности нормальной науки. Но не все теории являются парадигмальными. И в течение допарадигмального периода, и в течение кризисов, которые приводят к крупномасштабному изменению парадигмы, ученые обычно разрабатывают много спекулятивных и туманных теорий, которые могут сами по себе указать путь к открытию. Однако часто такое открытие не является открытием, которое полностью предвосхищено спекулятивными пробными гипотезами.

Только когда эксперимент и пробная теория оказываются соответствующими друг другу, возникает открытие и теория становится парадигмой.

Создание лейденской банки обнаруживает все указанные и даже дополнительные черты, которые мы рассматривали выше. Когда оно произошло, для исследования электричества не было единой парадигмы. Вместо этого был целый ряд теорий, выведенных из исследования сравнительно доступных явлений и конкурировавших между собой. Ни одна из них не достигла цели в упорядочении всего многообразия электрических явлений. Эта неудача становится источником некоторых аномалий, которые стимулировали изобретение лейденской банки. Одна из соперничающих школ рассматривала электричество как флюид, и эта концепция привела ряд исследователей к попытке собрать флюид с помощью стакана, наполненного водой, который держали в руках, а вода имела контакт через проводник с действующим электрогенератором. Отодвигая банку от машины и касаясь воды (или проводника, который соединялся с нею) свободной рукой, каждый исследователь ощущал резкий удар током. Однако эти первые эксперименты еще не привели исследователей электричества к созданию лейденской банки. Ее проект созревал очень медленно. И опять невозможно точно сказать, когда ее открытие было осуществлено. Первоначальные попытки собрать электрический флюид оказались осуществимыми только потому, что исследователи держали стакан в своих руках, в то время как сами стояли на земле. К тому же исследователи электричества должны еще были убедиться, что банка нуждается в наружном и внутреннем проводящем покрытии и что флюид в действительности, вообще говоря, не заполняет банку. Когда это выявилось в процессе исследований (которые обнаружили и некоторые другие аномалии), возник прибор, названный лейденской банкой. Кроме того, эксперименты, которые привели к ее появлению и многие из которых осуществил Франклин, требовали решительного пересмотра флюидной теории, и, таким образом, они

обеспечивали первую полноценную парадигму для изучения электричества[11].

В большей или меньшей степени (соответственно силе потрясения от непредвиденных результатов) общие черты, присущие трем примерам, приведенным выше, характеризуют все открытия новых видов явлений. Эти характеристики включают: предварительное осознание аномалии, постепенное или мгновенное ее признание – как опытное, так и понятийное, и последующее изменение парадигмальных категорий и процедур, которое часто встречает сопротивление. Можно даже утверждать, что те же самые характеристики внутренне присущи самой природе процесса восприятия. В психологическом эксперименте, значение которого заслуживает того, чтобы о нем знали и непсихологи, Дж. Брунер и Л. Постмен просили испытуемых распознать за короткое и фиксированное время серию игральных карт. Большинство карт были стандартными, но некоторые были изменены, например красная шестерка пик и черная четверка червей. Каждый экспериментальный цикл состоял в том, что испытуемому показывали одну за другой целую серию карт, причем время показа карт постепенно возрастало. После каждого сеанса испытуемый должен был сказать, что он видел, а цикл продолжался до тех пор, пока испытуемый дважды не определял полностью правильно всю серию показываемых карт12.

Даже при наикратчайших показах большинство испытуемых распознавали значительную часть карт, а после небольшого увеличения времени предъявления, все испытуемые распознавали все карты. С нормальными картами распознавание обычно протекало глад-

11 О различных этапах эволюции лейденской банки см.: 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, p. 385-386, 400-406, 452-467, 506-507. Последняя стадия описана Уиттакером: Whittaker. Op. cit., p. 50-52.

12 J.S.Bruner and L.Postman. On the Perception of Incongruity: A Paradigm. – "Journal of Personality", XVIII, 1949, p. 206-223.

гладко, но измененные карты почти всегда без заметного колебания или затруднения отождествлялись с нормальными. Черная четверка червей, например, могла быть опознана как четверка пик либо как четверка червей. Без какого-либо особого затруднения испытуемый мгновенно приспосабливался к одной из концептуальных категорий, подготовленных предшествующим опытом. Нельзя даже с уверенностью сказать, что испытуемые видели нечто отличное от того, что они идентифицировали. При последующем увеличении экспозиции измененных карт испытуемые начинали колебаться и обнаруживали осознание аномалии. Например, видя красную шестерку пик, некоторые говорили: "Это – шестерка пик, но здесь что-то не так – черное имеет красное очертание". Дальнейшее увеличение экспозиции вызывало еще большее сомнение и замешательство до тех пор, пока в конце концов, иногда совершенно внезапно, большинство испытуемых начинало производить идентификацию правильно. Кроме того, после подобной процедуры с двумя или тремя аномальными картами испытуемые в дальнейшем сталкивались с меньшими трудностями с другими картами. Однако оказалось, что некоторое количество испытуемых так и не смогло произвести надлежащую корректировку своих категорий. Даже после увеличения времени показа в сорок раз против средней продолжительности экспозиции, необходимой для распознания нормальной карты, более чем 10 процентов аномальных карт не было опознано ими правильно, причем испытуемые, которым не удавалось выполнить задание, часто испытывали горькую досаду. Один из них воскликнул: "Я не могу определить ни одной масти. Она даже не похожа на карту. Я не знаю, какой масти она сейчас: пиковая или червовая. Я не уверен сейчас, как выглядят пики. Боже мой!"13. В следующем разделе мы убедимся в том, что ученые ведут себя иногда подобным же образом.

13 Ibid., p. 218. Мой коллега Постмен сказал, что, зная все детали эксперимента заранее, он тем не менее, глядя на нелепые карты, испытывал сильное чувство неловкости.

Независимо от того, считать ли сопоставление с подобными экспериментами метафорическим или отражающим природу разума, эти психологические эксперименты дают удивительно простую и убедительную схему процесса научного открытия. В науке, как и в эксперименте с игральными картами, открытие всегда сопровождается трудностями, встречает сопротивление, утверждается вопреки основным принципам, на которых основано ожидание. Сначала воспринимается только ожидаемое и обычное даже при обстоятельствах, при которых позднее все-таки обнаруживается аномалия. Однако дальнейшее ознакомление приводит к осознанию некоторых погрешностей или к нахождению связи между результатом и тем, что из предшествующего привело к ошибке. Такое осознание аномалии открывает период, когда концептуальные категории подгоняются до тех пор, пока полученная аномалия не становится ожидаемым результатом. В этом пункте процесс открытия заканчивается. Я уже подчеркивал, что с этим процессом или с каким-либо весьма подобным ему связано возникновение всех научных открытий. Позвольте мне сейчас обратить внимание на то, что, осознавая этот процесс, мы можем в конце концов понять, почему нормальная наука, не стремясь непосредственно к новым открытиям и намереваясь вначале даже подавить их, может быть тем не менее постоянно эффективным инструментом, порождающим эти открытия.

В развитии любой науки первая общепринятая парадигма обычно считается вполне приемлемой для большинства наблюдений и экспериментов, доступных специалистам в данной области. Поэтому дальнейшее развитие, обычно требующее создания тщательно разработанной техники, есть развитие эзотерического словаря и мастерства и уточнение понятий, сходство которых с их прототипами, взятыми из области здравого смысла, непрерывно уменьшается. Такая профессионализация ведет, с одной стороны, к сильному ограничению поля зрения ученого и к упорному сопротивлению всяким изменениям в парадигме. Наука становится все более строгой. С другой стороны, внутри тех областей, на которые парадигма направляет усилия группы, нор-

нормальная наука ведет к накоплению подробной информации и к уточнению соответствия между наблюдением и теорией, которого невозможно было бы достигнуть как-то иначе. Кроме того, такая детальная разработка и уточнение соответствия имеют ценность, которая превышает интерес (обычно незначительный) к собственно внутреннему содержанию этой работы. Без специальной техники, которая создается главным образом для ожидаемых явлений, открытия новых фактов не происходит. И даже когда такая техника существует, первооткрывателем оказывается тот, кто, точно зная, чего он ожидает, способен распознать то, чту отклоняется от ожидаемого результата. Аномалия появляется только на фоне парадигмы. Чем более точна и развита парадигма, тем более чувствительным индикатором она выступает для обнаружения аномалии, что тем самым приводит к изменению в парадигме. В нормальной модели открытия даже сопротивление изменению приносит пользу. Этот вопрос будет более полно разработан в следующем разделе. Гарантируя, что парадигма не будет отброшена слишком легко, сопротивление в то же время гарантирует, что внимание ученых не может быть легко отвлечено и что к изменению парадигмы приведут только аномалии, пронизывающие научное знание до самой сердцевины. Тот факт, что важные научные новшества так часто предлагались в одно и то же время несколькими лабораториями, указывает на в значительной мере традиционную природу нормальной науки и на полноту, с которой эта традиционность последовательно подготавливает путь к собственному изменению.

VII

КРИЗИС И ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАУЧНЫХ ТЕОРИЙ

Все открытия, рассмотренные в VI разделе, были либо причинами изменений в парадигме, либо содействовали этим изменениям. Кроме того, все изменения, которые привели к этим открытиям, были настолько же деструктивными, насколько и конструктивными. После того как открытие осознано, ученые получают возможность объяснять более широкую область природных явлений или рассматривать более точно некоторые из тех явлений, которые были известны ранее. Но этот прогресс достигался только путем отбрасывания некоторых прежних стандартных убеждений или процедур, а также путем замены этих компонентов предыдущей парадигмы другими. Изменения подобного рода, как я стремился показать, связаны со всеми открытиями, достигаемыми нормальной наукой, за исключением тех сравнительно тривиальных открытий, которые можно было хотя бы в общих чертах предвидеть и заранее. Однако открытия не являются единственными источниками деструктивно-конструктивных изменений в парадигме. В этом разделе мы начнем рассматривать подобные, но обычно намного более обширные изменения, которые являются результатом создания новых теорий.

Мы уже показали, что в науках факт и теория, открытие и исследование не разделены категорически и окончательно. Поэтому не исключено, что этот раздел будет в чем-то повторять предшествующий. (Нельзя утверждать, что Пристли первый открыл кислород, а Лавуазье затем создал кислородную теорию горения, как бы ни была привлекательна такая точка зрения. Получение кислорода уже рассматривалось как открытие. Мы вскоре вернемся к нему, рассматривая его уже как создание кислородной теории горения.) Анализируя возникновение новых теорий, мы неизбежно расширим также наше понимание процесса открытия. Однако частичное совпадение не есть идентичность. Типы открытий, пред-

представленные в предыдущем разделе, не были, по крайней мере каждый в отдельности, ответственны за такие изменения парадигмы, как коперниканская, ньютонианская, химическая и эйнштейновская революции. Они не несут ответственности даже за узкоспециальные и потому менее значительные изменения в парадигме, вызванные волновой теорией света, динамической теорией теплоты или электромагнитной теорией Максвелла. Каким образом теории, подобные указанным, могут являться результатом нормальной науки, деятельность которой направлена больше на то, что следует из открытий, чем на поиски этих теорий?

Если осознание аномалии имеет значение в возникновении нового вида явлений, то вовсе не удивительно, что подобное, но более глубокое осознание является предпосылкой для всех приемлемых изменений теории. Имеющиеся исторические данные на этот счет, как я думаю, совершенно определенны. Положение астрономии Птолемея было скандальным еще до открытий Коперника1. Вклад Галилея в изучение движения в значительной степени основывался на трудностях, вскрытых в теории Аристотеля критикой схоластов2. Новая теория света и цвета Ньютона возникла с открытием, что ни одна из существующих парадигмальных теорий не способна учесть длину волны в спектре. А волновая теория, заменившая теорию Ньютона, появилась в самый разгар возрастающего интереса к аномалиям, затрагивающим дифракционные и поляризационные эффекты теории Ньютона3. Термодинамика родилась из столкно-

1 A.R.Hall. The Scientific Revolution, 1500-1800. London, 1954, p. 16.

2 M.Clagett. The Science of Mechanics in the Middle Ages. Madison, Wis., 1959, Parts II-III. A.Койре обнаружил ряд моментов, заимствованных Галилеем у средневековых мыслителей, в его работе "Etudes Galiléennes". Paris, 1939; особенно том I.

3 О Ньютоне см.: T.S.Kuhn. Newton's Optical Papers, in: "Isaac Newton's Papers and Letters in Natural Philosophy", ed. I.B.Cohen. Cambridge, Mass., 1958, p. 27-45. О введении в волновую теорию см.: E.T.Whittaker. A History of the Theories of Aether and Electricity, I, 2d ed. London, 1951, p. 94-109; W.Whewell. History of the Inductive Sciences, rev. ed. London, 1847, II, p. 396-466.

вения двух существовавших в XIX веке физических теорий, а квантовая механика – из множества трудностей вокруг истолкования излучения черного тела, удельной теплоемкости и фотоэлектрического эффекта4. Кроме того, во всех этих случаях, исключая пример с Ньютоном, осознание аномалий продолжалось так долго и проникало так глубоко, что можно с полным основанием охарактеризовать затронутые ими области как области, находящиеся в состоянии нарастающего кризиса. Поскольку это требует пересмотра парадигмы в большом масштабе и значительного прогресса в проблемах и технических средствах нормальной науки, то возникновению новых теорий, как правило, предшествует период резко выраженной профессиональной неуверенности. Вероятно, такая неуверенность порождается постоянной неспособностью нормальной науки решать ее головоломки в той мере, в какой она должна это делать. Банкротство существующих правил означает прелюдию к поиску новых.

Рассмотрим прежде всего один из наиболее известных случаев изменения парадигмы – возникновение коперниканской астрономии. Ее предшественница – система Птолемея, – которая сформировалась в течение последних двух столетий до новой эры и первых двух новой эры, имела необычайный успех в предсказании изменений положения звезд и планет. Ни одна другая античная система не давала таких хороших результатов; для изучения положения звезд астрономия Птолемея все еще широко используется и сейчас как техническая аппроксимация; для предсказания положения планет теория Птолемея была не хуже теории Коперника. Но для научной теории достичь блестящих успехов еще не значит быть полностью адекватной. Что касается положения планет и прецессии, то их предсказания, получаемые с помощью системы Птолемея, никогда полностью не соответствовали наиболее удачным наблюдениям. Даль-

4 О термодинамике см.: S.P.Thompson. Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs. London, 1910, I, p. 266-281. О квантовой теории см.: F.Reiche. The Quantum Theory. London, 1922, chaps. I-II.

Дальнейшее стремление избавиться от этих незначительных расхождений поставило много принципиальных проблем нормального исследования в астрономии для многих последователей Птолемея – точно так же, как попытка согласовать наблюдение небесных явлений и теорию Ньютона породила нормальные исследовательские проблемы для последователей Ньютона в XVIII веке. Но некоторое время астрономы имели полное основание предполагать, что эти попытки могут быть столь же успешными, как и те, что привели к системе Птолемея. Если и было какое-то расхождение, то астрономам неизменно удавалось устранять его, внося некоторые частные поправки в систему концентрических орбит Птолемея. Но время шло, и ученый, взглянув на полезные результаты, достигнутые нормальным исследованием благодаря усилиям многих астрономов, мог увидеть, что путаница в астрономии возрастала намного быстрее, чем ее точность, и что корректировка расхождения в одном месте влекла за собой появление расхождения в другом5.

Из-за того, что астрономическая традиция неоднократно нарушалась извне, а также из-за того, что при отсутствии печати коммуникации между астрономами были ограничены, эти трудности осознавались очень медленно. Но так или иначе они были осознаны. В XIII веке Альфонс X мог заявить, что если бы бог посоветовался с ним, когда создавал мир, то он получил бы неплохой совет.* В XVI веке коллега Коперника Доменико де Новара пришел к выводу, что ни одна система, такая громоздкая и ошибочная, как система Птолемея, не может претендовать на выражение истинного знания о природе. И сам Коперник писал в предисловии к "De revolutionibus",** что астрономическа

[5] J.L.E. Dreyer. A History of Astronomy from Thales to Kepler, 2d. ed. N.Y., 1953, chaps. XI-XII.
*Альфонс X Мудрый (1221-1284 гг.) – один из королей средневековой Испании, король Кастилии и Леона. – Прим. перев.
** Основной труд Н.Коперника "De revolutionibus orbium coellestium libri VI". Norimbergee, 1543; в русском переводе – "Об обращениях небесных сфер" в кн.: Николай Коперник. Сб. статей к 400-летию со дня смерти. М.-Л., 1947. – Прим. перев.

традиция, которую он унаследовал, в конце концов породила только псевдонауку. В начале XVI века увеличивается число превосходных астрономов в Европе, которые осознают, что парадигма астрономии терпит неудачу в применении ее при решении собственных традиционных проблем. Это осознание было предпосылкой отказа Коперника от парадигмы Птолемея и основой для поисков новой парадигмы. Его прекрасное предисловие к "De revolutionibus" до сих пор служит образцом классического описания кризисной ситуации6.

Неспособность справиться с возникающими в развитии нормальной науки техническими задачами по решению головоломок, конечно, не была единственной составной частью кризиса в астрономии, с которым столкнулся Коперник. При более подробном рассмотрении следует также принять во внимание социальное требование реформы календаря, которое сделало разгадку прецессии особенно настоятельной. Кроме того, более полное объяснение должно учесть критику Аристотеля в средние века, подъем неоплатонизма в эпоху Возрождения и, помимо сказанного, другие важные исторические детали. Но ядром кризиса все же остается неспособность справиться с техническими задачами. В зрелой науке – а астрономия стала таковой еще в эпоху античности – внешние факторы, подобные приведенным выше, являются принципиально важными при определении стадий упадка. Они позволяют также легко распознать упадок нормальной науки и определить область, в которой этот упадок наметился впервые. Данное обстоятельство заслуживает особого внимания. Но хотя все эти факторы необычайно важны, предмет обсуждения такого рода выходит за рамки данной работы.

Так как пример с коперниканской революцией достаточно ясен, перейдем от него ко второму, в ряде моментов отличному по значению примеру кризиса, который предшествовал появлению кислородной теории горения Лавуазье. К 70-м годам XVIII века целый комплекс факторов создал кризис в химии, но не все истории-

[6] T.S.Kuhn. The Copernican Revolution. Cambridge. Mass., 1957, p. 135-143.

историки согласны друг с другом относительно его природы и относительно важности тех или иных факторов в его возникновении. Однако два фактора обычно считаются наиболее значительными: возникновение химии газов и постановка вопроса о весовых соотношениях. История химии газов начинается в XVII веке с создания воздушного насоса и его применения в химическом эксперименте. В течение следующего столетия, применяя насос и ряд других пневматических устройств, химики вскоре приходят к выводу, что воздух, вероятно, является активным ингредиентом в химических реакциях. Но за редкими исключениями – такими сомнительными, что их можно было бы не упоминать вообще, – химики продолжают верить, что воздух – только вид газа. До 1756 года, когда Джозеф Блэк показал, что "тяжелый воздух" (CO_2) может быть путем четкой процедуры выделен из обычного воздуха, считалось, что две пробы газа могут различаться только благодаря различному содержанию загрязняющих примесей7.

После работы Блэка исследование газов протекало ускоренно, особенно благодаря Кавендишу, Пристли и Шееле, которые разработали ряд новых приборов, позволивших отличить одну пробу газа от другой. Все исследователи, начиная от Блэка и до Шееле, верили в теорию флогистона и часто использовали ее при проведении и интерпретации эксперимента. Шееле фактически первый получил кислород с помощью тщательно разработанной последовательности экспериментов, намереваясь дефлогистировать теплоту. К тому же общим результатом, полученным благодаря их экспериментам, было множество проб газа и свойств газа, полученных таким образом, что теория флогистона практически не "вписывалась" в проведение лабораторного опыта. Хотя ни один из названных химиков не допускал мысли, что теория должна быть заменена, они не могли применять ее постоянно. Ко времени, когда Лавуазье начал свои эксперименты с воздухом в начале 70-х годов XVIII века, было почти столько же вариантов

[7] J.R.Partington. A Short History of Chemistry, 2d ed. London, 1951, p. 48-51, 78-85, 90-120.

теории флогистона, сколько было химиков-пневматиков8. Такое быстрое умножение вариантов теории есть весьма обычный симптом ее кризиса. В предисловии к своей работе Коперник также выражал недовольство подобным обстоятельством.

Однако возрастание неопределенности и уменьшение пригодности теории флогистона для пневматической химии* не были единственным источником кризиса, с которым столкнулся Лавуазье. Он также сильно был озабочен проблемой объяснения увеличения веса, которое наблюдалось у большинства веществ при сжигании или прокаливании, а эта проблема тоже имеет большую предысторию. По крайней мере нескольким арабским химикам было известно, что некоторые металлы увеличивают свой вес в процессе прокаливания. В XVII веке ряд исследователей сделали из того же факта вывод, что при прокаливании металла происходит поглощение некоторого ингредиента из атмосферы. Но в то время такой вывод для большинства химиков казался не необходимым. Если химические реакции могли изменять объем, цвет и плотность ингредиентов, то почему, спрашивается, они не могут точно так же изменять и вес? Вес не всегда рассматривался как мера количества материи. Кроме того, прирост веса при прокаливании оставался изолированным явлением. Большинство природных веществ (например, древесина) теряют вес при прокаливании, как и должно было быть в согласии с более поздним вариантом теории флогистона.

Однако в течение XVIII века ранее удовлетворявшие ученых ответы на проблему изменения веса вызывают все более серьезные трудности. Частично вследствие того, что весы все чаще использовались как необходимое экспериментальное средство для химика, а частично вследствие того, что развитие пневматической химии

[8] Много нужного материала содержится в работе: J.R.Partington and D.McKie. Historical Studies on the Phlogiston Theory. – "Annals of Science", II, 1937, p. 361-404, III, 1938, p. 1-58, 337-371; IV, 1939, p. 337-371, хотя в ней рассматривается главным образом более поздний период.

* Химия газов. Название сохранилось как исторический термин, охватывающий период развития химии от первой половины XVII до конца XVIII века. – Прим. перев.

сделало возможным и желательным сохранение газообразного продукта реакций, химики открывали все больше случаев увеличения веса при прокаливании. Одновременно постепенное внедрение теории тяготения Ньютона привело химиков к мнению, что увеличение в весе должно означать увеличение количества материи. Эти выводы не являются следствием отказа от теории флогистона, ибо данная теория могла быть согласована многими различными способами с такими выводами. Например, можно было предположить, что флогистон имеет отрицательный вес, либо частицы огня или чего-то еще проникают в прокаливаемое вещество, как только флогистон покидает его. Были и другие объяснения. Но если проблема приращения веса не приводила к отказу от теории флогистона, то все же она привела к большому числу специальных исследований, где эта проблема становилась основной. Одно из них, озаглавленное "Флогистон как субстанция, имеющая вес и анализируемая на основе изменения веса, производимого флогистоном в веществах в процессе его соединения с ними", было доложено на заседании Французской Академии в начале того самого 1772 года, в конце которого Лавуазье передал свою знаменитую запечатанную записку в Академию. До того, как эта записка была написана, проблема, такая острая для химиков, много лет оставалась неразрешимой головоломкой9, и для того, чтобы справиться с ней, было разработано много различных версий теории флогистона. Подобно проблемам пневматической химии, проблемы изменения веса все больше и больше затрудняли понимание того, чту собственно представляет собой теория флогистона. Все еще признаваемая и принимаемая в качестве средства исследования, парадигма химии XVIII века тем не менее постепенно теряла свой статус в качестве единственного способа объяснения этих явлений. Чем дальше, тем больше исследование, направляемое ею, напоминало то

[9] H.Guerlac. Lavoisier – the Crucial Year. Ithaca, N.Y., 1961. Вся эта книга документирует эволюцию и первое осознание кризиса; для ясного представления ситуации, касающейся Лавуазье, см. стр. 35.

исследование, которое проводилось под контролем конкурирующих школ допарадигмального периода. Это являлось другим типичным следствием кризиса.

Рассмотрим теперь в качестве третьего и заключительного примера кризис в физике конца XIX века, который подготовил путь для возникновения теории относительности. Один источник кризиса можно проследить в конце XVII века, когда ряд натурфилософов, особенно Лейбниц, критиковали Ньютона за сохранение, хотя и в модернизированном варианте, классического понятия абсолютного пространства10. Они довольно точно, хотя и не всегда в полной мере, смогли показать, что абсолютное пространство и абсолютное движение не несли какой бы то ни было нагрузки в системе Ньютона вообще. Больше того, они высказали догадку, что полностью релятивистское понятие пространства и движения, которое и было открыто позднее, имело бы большую эстетическую привлекательность. Но их критика была чисто логической. Подобно ранним сторонникам Коперника, которые критиковали доказательства Аристотелем неподвижности Земли, они не помышляли о том, что переход к релятивистской системе может иметь осязаемые последствия. Ни в одном пункте они не соотнесли свои точки зрения с теми проблемами, которые возникали в результате применения теории Ньютона к природным явлениям. В результате их точки зрения умерли с ними вместе в течение первых десятилетий XVIII века и вновь воскресли только в последние десятилетия XIX века, когда они приобрели совершенно иное отношение к практике физических исследований.

Технические проблемы, с которыми релятивистская философия пространства в конечном счете должна была быть соотнесена, начали проникать в нормальную науку с принятием волновой теории света примерно после 1815 года, хотя они не вызвали никакого кризиса вплоть до 90-х годов XIX века. Если свет является волновым движением, распространяющимся в механическом эфире, и подчиняется законам Ньютона, тогда и наблюдение не-

[10] M.Jammer. Concepts of Space: The History of Theories of Space in Physics, Cambridge, Mass., 1954, p. 114-124.

небесных явлений, и эксперимент в земных условиях дают потенциальные возможности для обнаружения "эфирного ветра". Из небесных явлений только наблюдения за аберрацией звезд обещали быть достаточно точными для получения надежной информации, и обнаружение "эфирного ветра" с помощью измерения аберраций становится общепризнанной проблемой нормального исследования. Однако подобные измерения, несмотря на большое число специально сконструированных приборов, не обнаружили никакого наблюдаемого "эфирного ветра", и поэтому проблема перешла от экспериментаторов и наблюдателей к теоретикам. В середине века Френель, Стокс и другие разработали многочисленные варианты теории эфира, предназначенные для объяснения неудачи в наблюдении "эфирного ветра". Каждый из этих вариантов допускал, что движущееся тело увлекает за собой частички эфира. И каждый из вариантов достаточно успешно объяснял отрицательные результаты не только наблюдения небесных явлений, но также экспериментов на земле, включая знаменитый эксперимент Майкельсона и Морли11. Но конфликта все еще не было, исключая конфликты между различными толкованиями. К тому же из-за отсутствия соответствующей экспериментальной техники эти конфликты никогда не были острыми.

Ситуация вновь изменилась только благодаря постепенному принятию электродинамической теории Максвелла в последние два десятилетия XIX века. Сам Максвелл был ньютонианцем и верил, что свет и электромагнетизм вообще обусловлены изменчивыми перемещениями частиц механического эфира. Его наиболее ранние варианты теории электричества и магнетизма были направлены на использование гипотетических свойств, которыми он наделял данную среду. Эти свойства были опущены в окончательном варианте его теории, но он все еще верил, что его электромагнитная теория совместима с некоторым вариантом механи-

11 J.Larmor. Aether and Matter... Including a Discussion of the Influence of the Earth's Motion on Optical Phenomena. Cambridge, 1900, p. 6-20, 320-322.

ческой точки зрения Ньютона12. От него и его последователей требовалось соответствующим образом четко сформулировать эту точку зрения. Однако на практике, как это не раз случалось в развитии науки, ясная формулировка теории встретилась с необычайными трудностями. Точно так же, как астрономический план Коперника, несмотря на оптимизм автора, породил возрастающий кризис существовавших тогда теорий движения, теория Максвелла вопреки своему ньютонианскому происхождению создала соответственно кризис парадигмы, из которой она произошла13. Кроме того, пункт, в котором кризис разгорелся с наибольшей силой, был связан как раз с только что рассмотренными проблемами – проблемами движения относительно эфира.

Исследование Максвеллом электромагнитного поведения движущихся тел не затрагивало вопроса о сопротивлении эфирной среды, и ввести это сопротивление в его теорию оказалось чрезвычайно трудно. В результате получилось, что целый ряд ранее осуществленных наблюдений, направленных на то, чтобы обнаружить "эфирный ветер", указывал на аномалию. Поэтому период после 1890 года был отмечен долгой серией попыток – как экспериментальных, так и теоретических – определить движение относительно эфира и внедрить в теорию Максвелла представление о сопротивлении эфира. Экспериментальные исследования были сплошь безуспешными, хотя некоторые ученые сочли результаты неопределенными. Что же касается теоретических попыток, то они дали ряд многообещающих импульсов, особенно исследования Лоренца и Фицджеральда, но в то же время они вскрыли и другие трудности; в конечном итоге произошло точно такое же умножение теорий, которое, как мы обнаружили ранее, сопутствует

12 R.T.Glazebrook. James Clerk Maxwell and Modern Physics, London, 1896, chap. IX. Об окончательной точке зрения Максвелла см. его книгу: "A Treatise on Electricity and Magnetism", 3d. ed. Oxford. 1892, p. 470.

13О роли астрономии в развитии механики см.: T.Kuhn. Op. cit., chap. VII.

кризису14. Все это противоречит утверждениям историков, что специальная теория относительности Эйнштейна возникла в 1905 году.

Эти три примера почти полностью типичны. В каждом случае новая теория возникла только после резко выраженных неудач в деятельности по нормальному решению проблем. Более того, за исключением примера со становлением гелиоцентрической теории Коперника, где внешние по отношению к науке факторы играли особенно большую роль, указанные неудачи и умножение теорий, которые являются симптомом близкого крушения прежней парадигмы, длились не более чем десяток или два десятка лет до формулировки новой теории. Новая теория предстает как непосредственная реакция на кризис. Заметим также, хотя это, может быть, и не столь типично, что проблемы, по отношению к которым отмечается начало кризиса, бывают все именно такого типа, который давно уже был осознан. Предшествующая практика нормальной науки дала все основания считать их решенными или почти решенными. И это помогает объяснить, почему чувство неудачи, когда оно наступает, бывает столь острым. Неудача с новым видом проблем часто разочаровывает, но никогда не удивляет. Ни проблемы, ни головоломки не решаются, как правило, с первой попытки. Наконец, всем этим примерам свойствен еще один признак, который подчеркивает важную роль кризисов: разрешение кризиса в каждом из них было, по крайней мере частично, предвосхищено в течение периода, когда в соответствующей науке не было никакого кризиса, но при отсутствии кризиса эти предвосхищения игнорировались.

Единственное полное предвосхищение, которое в то же время и наиболее известно, – предвосхищение Коперника Аристархом в III веке до н. э. Часто говорят, что если бы греческая наука была менее дедуктивной и меньше придерживалась догм, то гелиоцентрическая астрономия могла начать свое развитие на восемнадцать

14Whittaker. Op. cit., I, p. 386-410; II (London, 1953), p. 27-40.

веков раньше, чем это произошло на самом деле15. Но говорить так – значит игнорировать весь исторический контекст данного события. Когда было высказано предположение Аристарха, значительно более приемлемая геоцентрическая система удовлетворяла всем нуждам, для которых могла бы предположительно понадобиться гелиоцентрическая система. В целом развитие птолемеевской астрономии, и ее триумф и ее падение, происходит после выдвижения Аристархом своей идеи. Кроме того, не было очевидных оснований для принятия идеи Аристарха всерьез. Даже более тщательно разработанный проект Коперника не был ни более простым, ни более точным, нежели система Птолемея. Достоверные проверки с помощью наблюдения, как мы увидим более ясно далее, не обеспечивали никакой основы для выбора между ними. При этих обстоятельствах одним из факторов, который привел астрономов к коперниканской теории (и который не мог в свое время привести их к идее Аристарха), явился осознаваемый кризис, которым в первую очередь было обусловлено создание новой теории. Астрономия Птолемея не решила своих проблем, и настало время предоставить шанс конкурирующей теории. Два других наших примера не обнаруживают столь же полных предвосхищений, однако несомненно, что одна из причин, в силу которых теории горения, объясняемого поглощением кислорода из атмосферы (развитые в XVII веке Реем, Гуком и Майовом), не получили достаточного распространения, состояла в том, что они не устанавливали никакой связи с проблемами нормальной научной практики, представляющими трудности16. И то, что ученые XVIII-XIX веков долго пренебрегали критикой Ньютона со стороны релятивистски настроенных авторов, в значительной степени связано с подобной неспособностью к сопоставлению различных точек зрения.

15 О работе Аристарха Самосского см.: T.L.Heath. Aristarchus of Samos: The Ancient Copernicus. Oxford, 1913, Part II. О крайнем выражении традиционной позиции пренебрежения достижением Аристарха Самосского см.: A.Koestler. The Sleepwalkers: A History of Man's Changing Vision of the Universe. London, 1959, p. 50.

16 Partington. Op. cit., p. 78-85.

Философы науки неоднократно показывали, что на одном и том же наборе данных всегда можно возвести более чем один теоретический конструкт. История науки свидетельствует, что, особенно на ранних стадиях развития новой парадигмы, не очень трудно создавать такие альтернативы. Но подобное изобретение альтернатив – это как раз то средство, к которому ученые, исключая периоды допарадигмальной стадии их научного развития и весьма специальных случаев в течение их последующей эволюции, прибегают редко. До тех пор пока средства, представляемые парадигмой, позволяют успешно решать проблемы, порождаемые ею, наука продвигается наиболее успешно и проникает на самый глубокий уровень явлений, уверенно используя эти средства. Причина этого ясна. Как и в производстве, в науке смена инструментов – крайняя мера, к которой прибегают лишь в случае действительной необходимости. Значение кризисов заключается именно в том, что они говорят о своевременности смены инструментов.

VIII

РЕАКЦИЯ НА КРИЗИС

Допустим теперь, что кризисы являются необходимой предпосылкой возникновения новых теорий, и посмотрим затем, как ученые реагируют на их существование. Частичный ответ, столь же очевидный, сколь и важный, можно получить, рассмотрев сначала то, чего ученые никогда не делают, сталкиваясь даже с сильными и продолжительными аномалиями. Хотя они могут с этого момента постепенно терять доверие к прежним теориям и затем задумываться об альтернативах для выхода из кризиса, тем не менее они никогда не отказываются легко от парадигмы, которая ввергла их в кризис. Иными словами, они не рассматривают аномалии как контрпримеры, хотя в словаре философии науки они являются именно таковыми. Частично это наше обобщение представляет собой просто констатацию исторического факта, основывающуюся на примерах, подобных приведенным выше и более пространных, изложенных ниже. В какой-то мере это дает представление о том, что наше дальнейшее исследование отказа от парадигмы раскроет более полно: достигнув однажды статуса парадигмы, научная теория объявляется недействительной только в том случае, если альтернативный вариант пригоден к тому, чтобы занять ее место. Нет еще ни одного процесса, раскрытого изучением истории научного развития, который в целом напоминал бы методологический стереотип опровержения теории посредством ее прямого сопоставления с природой. Это утверждение не означает, что ученые не отказываются от научных теорий или что опыт и эксперимент не важны для такого процесса опровержения. Но это означает (в конечном счете данный момент будет центральным звеном), что вынесение приговора, которое приводит ученого к отказу от ранее принятой теории, всегда основывается на чем-то большем, нежели сопоставление

теории с окружающим нас миром. Решение отказаться от парадигмы всегда одновременно есть решение принять другую парадигму, а приговор, приводящий к такому решению, включает как сопоставление обеих парадигм с природой, так и сравнение парадигм друг с другом.

Кроме того, есть вторая причина усомниться в том, что ученый отказывается от парадигм вследствие столкновения с аномалиями или контрпримерами. Развитие этого моего аргумента предвосхищает здесь другой тезис, один из основных для данной работы. Причины для сомнений, упомянутые выше, являются чисто фактуальными, то есть они сами по себе были контрпримерами по отношению к широко распространенной эпистемологической теории. Сами по себе эти контрпримеры, если точка зрения правильна, могут в лучшем случае помочь возникновению кризиса или, более точно, усилить кризис, который уже давно наметился. В чистом виде они не могут опровергнуть эту философскую теорию, ибо ее защитники будут делать то, что мы уже видели в деятельности ученых, когда они боролись с аномалией. Они будут изобретать бесчисленные интерпретации и модификации их теорий ad hoc, для того чтобы элиминировать явное противоречие. Многие из соответствующих модификаций и оговорок фактически уже встречаются в литературе. Поэтому, если эпистемологические контрпримеры должны стать чем-то большим, нежели слабым добавочным стимулом, то это может произойти потому, что они помогают и благоприятствуют возникновению нового и совершенно иного анализа науки, в рамках которого они не внушают больше повода для беспокойства. Кроме того, если типичная модель, которую мы позднее будем наблюдать в научной революции, применима здесь, то эти аномалии больше не будут уже казаться простыми фактами. С точки зрения новой теории научного познания они, наоборот, могут казаться очень похожими на тавтологии, на утверждения о ситуациях, которые невозможно мыслить иначе.

Например, часто можно было наблюдать, как второй закон движения Ньютона, хотя потребовались века

упорных фактуальных и теоретических исследований, чтобы сформулировать его, выступает для тех, кто использует теорию Ньютона, в основном, чисто логическим утверждением, которое никакие наблюдения не могут опровергнуть. В X разделе мы увидим, что химический закон кратных отношений, который до Дальтона на экспериментальном уровне имел случайное и сомнительное подтверждение, сделался после работы Дальтона составной частью определения химического состава, которое ни одна экспериментальная работа сама по себе не может опровергнуть. Нечто весьма похожее произойдет и с обобщением, что ученым не удается отбросить парадигмы, когда они сталкиваются с аномалиями или контрпримерами. Они не смогли бы поступить таким образом и тем не менее остаться учеными.

Некоторые ученые, хотя история едва ли сохранит их имена, без сомнения, были вынуждены покинуть науку, потому что не могли справиться с кризисом. Подобно художникам, ученые-творцы должны иногда быть способны пережить трудные времена в мире, который приходит в расстройство, – в другом месте я описал эту необходимость как "необходимое напряжение", включенное в научное исследование2 . Но такой отказ от науки в пользу другой профессии, я думаю, является единственной формой отказа от парадигмы, к которому могут привести контрпримеры сами по себе. Как только исходная парадигма, служившая средством рассмотрения природы, найдена, ни одно исследование уже невозможно в отсутствие парадигмы, и отказ от какой-либо парадигмы без одновременной замены ее другой означает отказ от науки вообще. Но этот акт отражается не на парадигме, а на ученом. Своими колле-

См., в частности: N R Hanson. Patterns of Discovery. Cambridge, 1958, p.99-105.

2 T.S.Kuhn. The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research, in: "The Third (1959) University of Utah Research Conference on the Identification of Creative Scientific Talent", ed. Calvin W. Taylor (Salt Lake City, 1959), p. 162-177. Для сравнения о подобном явлении в искусстве см.: F.Barron. The Psychology of Imagination. – "Scientific American", CXCIX, September 1958, p. 151-166, esp. 160.

гами он неизбежно будет осужден как "плохой плотник, который в своих неудачах винит инструменты".

Ту же самую точку зрения можно сформулировать по меньшей мере столь же эффективно и в противоположном варианте: не существует ни одного исследования без рассмотрения контрпримеров. В самом деле, что отличает нормальную науку от науки в состоянии кризиса? Конечно, не то, что нормальная наука не сталкивается с контрпримерами. Напротив, то, что мы ранее назвали головоломками, решения которых и определяли нормальную науку, существует только потому, что ни одна парадигма, обеспечивающая базис научного исследования, полностью никогда не разрешает все его проблемы. Очень немногие парадигмы, относительно которых это как будто бы имело место (например, геометрическая оптика), вскоре прекращали порождать исследовательские проблемы вообще и вместо этого становились средствами инженерных дисциплин. Исключая проблемы, которые являются чисто инструментальными, каждая проблема, которую нормальная наука считает головоломкой, может быть рассмотрена с другой точки зрения как контрпример и, таким образом, быть источником кризиса. Коперник рассматривал как контрпримеры то, что последователи Птолемея в большинстве своем считали головоломками, требующими установления соответствия между теорией и наблюдением. Лавуазье считал контрпримером то, что Пристли находил успешно решенной головоломкой в разработке теории флогистона. А.Эйнштейн рассматривал как контрпримеры то, что Лоренц, Фицджеральд и другие оценивали как головоломки в разработке теорий Максвелла и Ньютона. Кроме того, даже наличие кризиса само по себе не преобразует головоломку в контрпример. Между ними не существует такого резко выраженного водораздела. Вместо этого за счет быстрого увеличения вариантов парадигмы кризис ослабляет правила нормального решения головоломок таким образом, что в конечном счете дает возможность возникнуть новой парадигме. Я думаю, есть только две альтернативы: либо ни одна научная теория никогда не сталкивается с контрпримерами, либо все подобного

рода теории всегда наталкиваются на контрпримеры.

Может ли данная ситуация представляться иначе? Такой вопрос необходимо приводит к историческому и критическому анализу философских проблем, рассмотрение которых не входит в задачи настоящего исследования. Однако мы можем отметить по крайней мере две причины того, почему наука кажется столь убедительной иллюстрацией к общему правилу, что истина и ложь обнаруживаются определенно и недвусмысленно тогда, когда утверждения сопоставляются с фактом. Нормальная наука может и должна беспрестанно стремиться к приведению теории и факта в полное соответствие, а такая деятельность легко может рассматриваться как проверка или как поиски подтверждения или опровержения. Вместо этого ее целью является решение головоломки, для самого существования которой должна быть допущена обоснованность парадигмы. Если оказывается, что достигнуть решения невозможно, то это дискредитирует только ученого, но не теорию. Здесь еще более справедлива упомянутая ранее пословица: "Плох тот плотник, который в своих неудачах винит инструменты". К тому же способ, каким в процессе обучения запутывается вопрос о сущности теории путем отсылок к ее применениям, помогает усилить теорию подтверждаемости, полученную в свое время совсем из других источников. Человек, читающий учебник, может, не имея к тому ни малейших оснований, легко принять применения теории за ее доказательство, за основание, в силу которого ей следует доверять. Но изучающие науку принимают теорию вследствие авторитета учителя или учебника, а не вследствие ее доказательства. Какие альтернативы или возможности у них имеются? Приложения науки, приводимые в учебниках, привлекаются не для доказательства, а потому, что их изучение составляет часть изучения парадигмы на основе постоянной практики. Если бы приложения предлагались в качестве доказательства, тогда неудача учебников предложить альтернативные интерпретации или обсудить проблемы, для которых ученым не удается создать парадигмальные решения, должна объясняться крайними предубеждениями авторов учебников.

Однако в действительности нет ни малейшего основания для такого обвинения.

Тогда каким образом, если вернуться к первоначальному вопросу, реагируют ученые на осознание аномалии в соответствии между теорией и природой? То, о чем только что говорилось, указывает на тот факт, что даже неизмеримо бульшие расхождения, чем те, которые обнаруживались в других приложениях теории, не требуют какого-либо глубокого изменения парадигмы. Какие-то расхождения есть всегда. Даже наиболее неподатливые расхождения в конце концов приводятся обычно в соответствие с нормальной практикой научного исследования. Очень часто ученые предпочитают подождать, особенно если есть в других разделах данной области исследования много проблем, доступных для решения. Мы уже отметили, например, что в течение 60 лет после исходных расчетов Ньютона предсказываемые сдвиги в перигее Луны составляли по величине только половину от наблюдаемых. По мере того как превосходные специалисты по математической физике в Европе продолжали безуспешно бороться с хорошо известным расхождением, иногда выдвигались предложения модифицировать ньютоновский закон обратной зависимости от квадрата расстояния. Но ни одно из этих предложений не принималось всерьез, и на практике упорство по отношению к этой значительной аномалии оказалось оправданным. Клеро в 1750 году смог показать, что ошибочным был только математический аппарат приложений, а сама теория Ньютона могла быть оставлена в прежнем виде[3]. Даже в случаях, где не может быть ни одной явной ошибки (вероятно, потому, что использование математического аппарата является более простым, привычным и везде оправдывающим себя приемом), устойчивая и осознанная аномалия не всегда порождает кризис. Никто всерьез не подвергал сомнению теорию Ньютона, хотя было давно известно расхождение между предсказаниями, выведенными из этой теории, и наблюдениями над скоростью звука и над

3W.Whewell. History of the Inductive Sciences, London, 1847, II, p. 220-221.

движением Меркурия. Первое расхождение было в конечном счете (и совершенно неожиданно) разрешено экспериментами, относящимися к теории теплоты, предпринятыми совсем для другой цели; второе – исчезло с возникновением общей теории относительности после кризиса, в возникновении которого оно не сыграло никакой роли4. По-видимому, ни первое, ни второе расхождение не оказались достаточно фундаментальными, чтобы вызвать затруднение, которое вело бы к кризису. Они могли быть признаны в качестве контрпримеров и оставлены пока в стороне для последующей разработки.

Следовательно, если аномалия должна вызывать кризис, то она, как правило, должна означать нечто большее, чем просто аномалию. Всегда есть какие-нибудь трудности в установлении соответствия парадигмы с природой; большинство из них рано или поздно устраняется, часто благодаря процессам, которые невозможно было предвидеть. Ученый, который прерывает свою работу для анализа каждой замеченной им аномалии, редко добивается значительных успехов. Поэтому мы должны спросить, чту именно в возникшей аномалии делает ее заслуживающей сосредоточенного исследования, и на этот вопрос, вероятно, нет достаточно общего ответа. Случаи, которые мы уже рассмотрели, характерны, но едва ли поучительны. Иногда аномалия будет явно подвергать сомнению эксплицитные и фундаментальные обобщения парадигмы, как в случае с проблемой эфирного сопротивления для тех, кто принял теорию Максвелла. Или, как в случае коперниканской революции, аномалия без видимого основательного повода может вызывать кризис, если приложения, которым она препятствует, обладают особенной практической значимостью, как это было при создании календаря вопреки положениям астрологии. Или, как это случилось с химией XVIII века, развитие нормальной

4По вопросу о скорости звука см.: T.S.Kuhn. The Caloric Theory of Adiabatic Compression. – "Isis", XLIV, 1958, p. 136-137. По вопросу о вековом изменении в перигелии Меркурия см.: E.T.Whittaker. A History of the Theories of Aether and Electricity, II. London, 1953, p. 151, 179.

науки может превратить аномалию, которая сначала была только досадной неприятностью, в источник кризиса: проблема весовых отношений имела совершенно иной статус после развития методов пневматической химии. По-видимому, есть еще и другие обстоятельства, которые могут делать аномалию особенно активной, когда обычно несколько обстоятельств комбинируются. Например, мы уже отмечали, что одним из источников кризиса, с которым столкнулся Коперник, была просто продолжительность периода, в течение которого астрономы безуспешно боролись за уменьшение оставшихся не преодоленными расхождений в системе Птолемея.

Когда в силу этих оснований или других, подобных им, аномалия оказывается чем-то большим, нежели просто еще одной головоломкой нормальной науки, начинается переход к кризисному состоянию, к периоду экстраординарной науки. Теперь становится все более широко признанным в кругу профессиональных ученых, что они имеют дело именно с аномалией как отступлением от путей нормальной науки. Ей уделяется теперь все больше и больше внимания со стороны все большего числа виднейших представителей данной области исследования. Если эту аномалию долго не удается преодолеть (что обычно бывает редко), многие из них делают ее разрешение самостоятельным предметом исследования. Для них область исследования будет выглядеть уже иначе, чем раньше. Часть явлений этой области, отличающихся от привычных, обнаруживается просто в силу изменения реакции научного исследования. Еще более важный источник изменения состоит в различной природе множества частных решений, которые появились благодаря всеобщему вниманию к проблеме. Сперва попытки решить эту проблему вытекают самым непосредственным образом из правил, определяемых парадигмой. Но если проблема не поддается решению, то последующие атаки на нее будут содержать более или менее значительные доработки парадигмы. Конечно, в этом натиске каждая попытка не похожа на другие, каждая из них приносит свои плоды, но ни одна из них не оказывается сначала настолько удовлетворительной, чтобы быть принятой научным

сообществом в качестве новой парадигмы. Вследствие этого умножения расходящихся между собой разработок парадигмы (которые все чаще и чаще оказываются приспособлениями ad hoc) неопределенность правил нормальной науки имеет тенденцию к возрастанию. Хотя парадигма все еще сохраняется, мало исследователей полностью согласны друг с другом по вопросу о том, чту она собой представляет. Даже те решения проблем, которые прежде представлялись привычными, подвергаются теперь сомнению.

Когда ситуация становится острой, она так или иначе осознается причастными к ней учеными. Коперник жаловался на то, что современные ему астрономы были так "непоследовательны в своих астрономических исследованиях... что не могли даже объяснить или наблюдать постоянную продолжительность годового периода". "С ними, – писал далее Коперник, – происходит нечто подобное тому, когда скульптор собирает руки, ноги, голову и другие элементы для своей скульптуры из различных моделей; каждая часть превосходно вылеплена, но не относится к одному и тому же телу, и потому они не могут быть согласованы между собой, в результате получится скорее чудовище, чем человек"5. Эйнштейн, живший в эпоху, для которой был характерен менее красочный язык, выразился так: "Ощущение было такое, как если бы из-под ног ушла земля, и нигде не было видно твердой почвы, на которой можно было бы строить"6. А Вольфганг Паули за месяц до статьи Гейзенберга о матричной механике, указавшей путь к новой квантовой теории, писал своему другу: "В данный момент физика снова ужасно запутана. Во всяком случае она слишком трудна для меня; я предпочел бы писать сценарии для кинокомедий или что-нибудь в этом роде и никогда не слышать о физике". Этот протест необычайно выразителен, если сравнить его со словами Паули, сказанными менее пяти месяцев спустя: "Гейзенберговский тип механики снова вселяет

[5] См.: T.S.Kuhn. The Copernican Revolution. Cambridge, Mass., 1957, p. 138.

[6] A.Einstein. Autobiographical Note, in: "Albert Einstein: Philosopher-Scientist", ed. P.A.Schilpp, Evanston, Ill., 1949, p. 45.

в меня надежду и радость жизни. Безусловно, он не предлагает полного решения загадки, но я уверен, что снова можно продвигаться вперед"7.

Такие откровенные признания перелома в науке необычайно редки, но последствия кризиса не зависят полностью от его сознательного восприятия. Что мы можем сказать об этих последствиях? Из них только два представляются нам универсальными. Любой кризис начинается с сомнения в парадигме и последующего расшатывания правил нормального исследования. В этом отношении исследование во время кризиса имеет очень много сходного с исследованием в допарадигмальный период, за исключением того, что в первом случае затруднительных проблем несколько меньше и они более точно определены. Все кризисы заканчиваются одним из трех возможных исходов. Иногда нормальная наука в конце концов доказывает свою способность разрешить проблему, порождающую кризис, несмотря на отчаяние тех, кто рассматривал ее как конец существующей парадигмы. В других случаях не исправляют положения даже явно радикально новые подходы. Тогда ученые могут прийти к заключению, что при сложившемся в их области исследования положении вещей решения проблемы не предвидится. Проблема снабжается соответствующим ярлыком и оставляется в стороне в наследство будущему поколению в надежде на ее решение с помощью более совершенных методов. Наконец, возможен случай, который будет нас особенно интересовать, когда кризис разрешается с возникновением нового претендента на место парадигмы и последующей борьбой за его принятие. Этот последний способ завершения кризиса рассматривается подробно в последующих разделах, но мы должны предвосхитить часть из того, о чем мы будем говорить в дальнейшем, с тем, чтобы подвести итог этим замечаниям об эволюции и анатомии кризисной ситуации.

[7] R.Kronig. The Turning Point, in: "Theoretical Physics in the Twentieth Century: A Memorial Volume to Wolfgang Pauli", ed. M.Fierz and V.F.Weisskopf. N.Y., 1960, p. 25, 25-26. Многие из этих статей описывают кризис в квантовой механике в период, непосредственно предшествующий 1925 году.

Переход от парадигмы в кризисный период к новой парадигме, от которой может родиться новая традиция нормальной науки, представляет собой процесс далеко не кумулятивный и не такой, который мог бы быть осуществлен посредством более четкой разработки или расширения старой парадигмы. Этот процесс скорее напоминает реконструкцию области на новых основаниях, реконструкцию, которая изменяет некоторые наиболее элементарные теоретические обобщения в данной области, а также многие методы и приложения парадигмы. В течение переходного периода наблюдается большое, но никогда не полное совпадение проблем, которые могут быть решены и с помощью старой парадигмы, и с помощью новой. Однако тем не менее имеется разительное отличие в способах решения. К тому времени, когда переход заканчивается, ученый-профессионал уже изменит свою точку зрения на область исследования, ее методы и цели. Один наблюдательный историк, рассмотревший классический случай переориентировки вследствие изменения парадигмы, недавно писал, что для этого нужно "дотянуться до другого конца палки", поскольку это процесс, который включает "трактовку того же самого набора данных, который был и раньше, но теперь их нужно разместить в новой системе связей друг с другом, изменяя всю схему"8. Другие историки, которые отмечали этот момент научного развития, подчеркивали его сходство с изменением целостного зрительного образа – гештальта: "Штрихи на бумаге, которые, как казалось раньше, изображают птицу, увиденные во второй раз, напоминают антилопу, или наоборот"9. Однако эта аналогия может быть обманчивой. Ученые не видят нечто как что-то иное, напротив, они просто видят это нечто. Мы уже касались некоторых проблем, возникших из утверждения, что Пристли рассматривал кислород как дефлогистированный воздух. Кроме того, ученый не обладает свободой "переключать" по своей воле зритель-

[8] См.: T.S.Kuhn. The Copernican Revolution. Cambridge, Mass., 1957, p. 138.

[9] A.Einstein. Autobiographical Note, in: "Albert Einstein: Philosopher-Scientist", ed. P.A.Schilpp, Evanston, Ill., 1949, p. 45.

ный образ между различными способами восприятия. Тем не менее смена образа – особенно потому, что сегодня она так хорошо знакома, – представляет собой полезный элементарный прототип того, что происходит при крупном изменении парадигмы.

Высказанные ранее предварительные соображения могут помочь нам осознать кризис как соответствующую прелюдию к возникновению новых теорий, особенно после того, как мы уже рассмотрели в малом масштабе тот же самый кризис при обсуждении открытий. Возникновение новой теории порывает с одной традицией научной практики и вводит новую, осуществляемую посредством других правил и в другой области рассуждения. Вероятно, это происходит только тогда, когда первая традиция окончательно заводит в тупик Однако это замечание не более чем прелюдия к изучению ситуации кризиса, и, к сожалению, вопросы, к которым она приводит, относятся скорее к компетенции психологов, нежели историков. Что представляет собой экстраординарное исследование? Как аномалия становится правомерной? Как поступают ученые, когда осознают, что их теории в основе своей ошибочны на том уровне, на котором им ничем не может помочь полученное ими образование? Эти вопросы нужно изучить более глубоко, и здесь найдется работа не только для историка. Те рассуждения, которые последуют далее, по необходимости будут скорее пробными и менее полными, чем это было ранее.

Часто новая парадигма возникает, по крайней мере в зародыше, до того, как кризис зашел слишком далеко или был явно осознан. Работа Лавуазье представляет собой как раз этот случай. Его запечатанные заметки хранились во Французской Академии меньше года после досконального изучения соотношения весов в теории флогистона и до того, как публикации Пристли показали в полном объеме кризис в пневматической химии. Опять-таки первые расчеты Томаса Юнга в волновой теории света были сделаны на очень ранней стадии развития кризиса в оптике, когда этот кризис был почти незаметным, если не принимать во внимание того, что – без какой бы то ни было помощи Юнга

кризис перерос в международный научный скандал в течение 10 лет после его первой публикации. В подобных случаях можно сказать только то, что незначительного преобразования в парадигме и первых симптомов неопределенности в правилах нормальной науки бывает иногда достаточно для внедрения нового способа рассмотрения данной области исследования. То, что происходит между первым ощущением беспокойства и распознанием имеющейся альтернативы, должно происходить в значительной мере бессознательно.

Однако в других случаях (например, теорий Коперника, Эйнштейна и современной теории атома) проходит значительное время между первым осознанием крушения старой и возникновением новой парадигмы. Когда это происходит, историк может уловить по крайней мере некоторые намеки на то, чту представляет собой экстраординарная наука. Сталкиваясь с общепризнанной фундаментальной аномалией в теории, ученый сначала пытается выделить ее более точно и получить ее структуру. Хотя он и осознает, что правила нормальной науки не могут быть теперь совершенно верными, он будет стараться внедрить их более настойчиво, чем ранее, чтобы представить себе, где именно и насколько они могут помочь в его работе в области затруднений. В то же время он будет искать способы усиления кризиса старой парадигмы, пытаясь сделать этот кризис более полным и, возможно также, более продуктивным, чем он был в те времена, когда проявлялся в экспериментах, результат которых считался известным наперед. И в этом стремлении, более чем в любой другой период постпарадигмального развития науки, ученый будет выглядеть в полном соответствии с преобладающим в воображении каждого из нас образом ученого. В таком случае он будет, во-первых, казаться человеком, ищущим наудачу, пытающимся посредством эксперимента увидеть то, что произойдет; он будет искать явления, природу которых он не может полностью разгадать. В то же время, поскольку ни один эксперимент не мыслим без некоторой теории, ученый в кризисный период будет постоянно стараться создать спекулятивные теории, которые в случае успеха могут открыть

путь к новой парадигме, а в случае неудачи могут быть отброшены без глубокого сожаления.

Сообщение Кеплера о его длительной борьбе за правильное представление о движении Марса и описание Пристли его реакции на быстрое увеличение числа новых видов газов дают классические примеры исследований более стохастического типа, создаваемых осознанием аномалии10. Однако, вероятно, наилучшие иллюстрации можно взять из современных исследований по теории поля и изучения элементарных частиц. Если бы не было кризиса, который заставил увидеть пределы правомерности правил нормальной науки, разве могли бы казаться оправданными огромные усилия, затраченные на открытие нейтрона? Или если правила не были бы явно нарушены в некотором уязвимом месте, разве были бы предложены и проверены радикальные гипотезы несохранения четности? Подобно многим другим исследованиям в физике в течение последнего десятилетия, эти эксперименты частично имеют целью локализовать и определить источник все еще рассеянного множества аномалий.

Данный вид экстраординарного исследования часто, хотя и не всегда, сопровождается другим видом. Это бывает, я думаю, особенно в периоды осознания кризисов, когда ученые обращаются к философскому анализу как средству для раскрытия загадок в их области. Ученые в общем не обязаны и не хотят быть философами. В самом деле, нормальная наука обычно держится от творческой философии на почтительном расстоянии, и, вероятно, для этого есть основания. В той степени, в которой нормальная исследовательская работа может быть проведена за счет использования парадигмы как модели, совсем не обязательно, чтобы правила и допущения были выражены в эксплицитной

10 Об исследовании Кеплера относительно Марса см.: J.L.E.Dreyer. A History of Astronomy from Thales to Kepler, 2d ed., N.Y., 1953, p. 380-393. Незначительные ошибки не мешают краткому изложению Дрейера служить в качестве материала, необходимого в данном случае. О Пристли см. его собственную работу. J.Priestley. Experiments and Observations on Different Kinds of Air. London, 1774-1775.

форме. В V разделе мы отмечали, что полного ряда правил, которого добивается философский анализ, не существует. Но это не означает, что поиски предположений (даже не существующих) не могут быть эффективным способом для ослабления власти старых традиций над разумом и выдвижения основы для новой традиции. Далеко не случайно, что появлению физики Ньютона в XVII веке, а теории относительности и квантовой механики в XX веке предшествовали и сопутствовали фундаментальные философские исследования современной им научной традиции11. Не случайно и то, что в обоих этих периодах так называемый мысленный эксперимент играл решающую роль в процессе исследования. Как я уже показал в другом месте, аналитический мысленный эксперимент, который существенным образом лежит в основе работ Галилея, Эйнштейна, Бора и других, полностью рассчитан на то, чтобы соотнести старую парадигму с существующим знанием способами, позволяющими обнажить самый корень кризиса с наглядностью, недосягаемой в лаборатории12.

С развитием этих экстраординарных процедур, каждой в отдельности и всех вместе, может произойти следующее. Вследствие того, что внимание ученых концентрируется на узкой области затруднений, и вследствие подготовки научного мышления к осознанию экспериментальных аномалий такими, какие они есть, кризис часто способствует умножению новых открытий. Мы уже отмечали, чем отличается работа Лавуазье о кислороде от работы Пристли по степени осознания кризиса; но кислород был не единственным новым газом, о существовании которого химики, зная об аномалии, смогли узнать из работы Пристли. Другим приме-

11 О философских противоречивых тенденциях, которые сопут-ствовали развитию механики XVII века, см.: R.Dugas. La mйcanique au XVIIe siucle. Neuchatel, 1954, особенно гл. XI. Об эпизодах подобного рода в XIX веке см. более раннюю книгу того же автора: R.Dugas. Histoire de la mйcanique. Neuchatel, 1950, p. 419-443..

12 T.S.Kuhn. A Function for Thought Experiments, in: "Mйlanges Alexandre Koyrй", ed. R.Taton and I.B.Cohen. Hermann, Paris, 1964.

ром могут служить новые открытия в области оптики, которые были сделаны незадолго до возникновения волновой теории света и в процессе ее оформления. Некоторые из этих открытий, подобно поляризации при отражении, были результатом случайностей, которые давали возможность сосредоточить работу на области затруднений. (Малюс, который открыл поляризацию, представил на конкурс Академии работу о двойной рефракции, то есть по вопросу, неудовлетворительное положение дел в котором было широко известно.) Другие, подобно открытию светового пятна в центре тени от круглого диска, были предсказаны с помощью новой гипотезы, и их осуществление способствовало преобразованию этой гипотезы в парадигму для последующей работы. Были и такие, вроде открытия окрашивания поверхностей толстых и тонких пластин, которые имели дело с явлениями, часто наблюдавшимися и изредка предсказывавшимися заранее, но которые, подобно открытию кислорода Пристли, воспринимались как лежащие в одном плане с уже хорошо известными эффектами и рассматривались в ракурсе, мешающем увидеть в них то, что следовало бы13. Сходную оценку можно дать многочисленным открытиям, которые приблизительно с 1895 года постоянно сопутствовали возникновению квантовой механики.

Экстраординарное исследование к тому же должно иметь другие проявления и последствия, но в этой области мы едва начали ставить вопросы, на которые следовало бы дать ответ. Однако, возможно, в этом нет необходимости в настоящий момент. Предшествующие замечания должны были достаточно показать, как кризис расшатывает стереотипы научного исследования и в то же время увеличивает количество данных, необходимых для фундаментального изменения в парадигме. Иногда форма новой парадигмы предвосхищается в структуре, которую экстраординарное исследование

13 О новых оптических открытиях вообще см.: V.Ronchi. Histoire de la lumiure. Paris, 1956, chap. VII. Об объяснении этих эффектов см.: J.Priestley. The History and Present State of Discoveries Relating to Vision, Light and Colours. London, 1772, p. 498-520.

налагает на аномалию. Эйнштейн писал, что до того, как он получил какую бы то ни было замену для классической механики, он смог увидеть связь между известными аномалиями: излучением абсолютно черного тела, фотоэлектрическим эффектом и удельными теплоемкостями веществ[14]. Чаще, однако, ни одна такая структура не рассматривается осознанно заранее. Наоборот, новая парадигма или подходящий для нее вариант, обеспечивающий дальнейшую разработку, возникает всегда сразу, иногда среди ночи, в голове человека, глубоко втянутого в водоворот кризиса. Какова природа этой конечной стадии – как индивидуум открывает (или приходит к выводу, что он открыл) новый способ упорядочения данных, которые теперь все оказываются объединенными, – этот вопрос приходится оставить здесь не рассмотренным, и, может быть, навсегда. Отметим здесь только один момент, касающийся этого вопроса. Почти всегда люди, которые успешно осуществляют фундаментальную разработку новой парадигмы, были либо очень молодыми, либо новичками в той области, парадигму которой они преобразовали15. И, возможно, этот пункт не нуждается в разъяснении, поскольку, очевидно, они, будучи мало связаны предшествующей практикой с традиционными правилами нормальной науки, могут скорее всего видеть, что правила больше не пригодны, и начинают подбирать другую систему правил, которая может заменить предшествующую.

В результате переход к новой парадигме являетс

14 A.Einstein. Loc. cit

15 Это обобщение о роли молодости в фундаментальном научном исследовании настолько общеизвестно, что превратилось в штамп. Более того, достаточно взглянуть почти в любой список фундаментальных достижений в научной теории, чтобы это впечатление усилилось. Тем не менее это обобщение очень нуждается в систематическом исследовании. Г.Леман (H.C.Lehman. Age and Achievement. Princeton, 1953) приводит много любопытных данных, но он не пытается в своей работе назвать исследователей, которые участвовали в концептуальном перевооружении науки. Кроме того, в его работах не рассматриваются особые обстоятельства, если они все-таки есть, которые способствуют продуктивности ученых в более старшем возрасте.

научной революцией – тема, к которой мы после долгого пути наконец готовы непосредственно перейти. Однако отметим сначала один последний и, по-видимому, трудноуловимый аспект, для восприятия которого материал последних трех разделов подготовил почву. Вплоть до VI раздела, где понятие аномалии было введено впервые, термины "революция" и "экстраординарная наука" могли казаться тождественными. Еще важнее то, что ни один из этих терминов не может означать больше, чем термин "ненормальная наука". В этом имеется своего рода порочный круг, за который меня могли бы упрекнуть по крайней мере некоторые читатели. Практически же беспокоиться не о чем. Мы увидим, что подобный круг составляет характерную черту научных теорий. Как бы мы к нему ни относились, мы не должны оставлять его без рассмотрения. Этот раздел и два предшествующих развивали многочисленные критерии крушения нормальной научной деятельности, критерии, которые в целом не зависят от того, последует ли за этим крушением революция в науке. Столкнувшись с аномалией или кризисом, ученые занимают различные позиции по отношению к существующим парадигмам, а соответственно этому изменяется и природа их исследования. Увеличение конкурирующих вариантов, готовность опробовать что-либо еще, выражение явного недовольства, обращение за помощью к философии и обсуждение фундаментальных положений – все это симптомы перехода от нормального исследования к экстраординарному. Именно на существование этих симптомов в большей мере, чем на революции, опирается понятие нормальной науки.

IX

ПРИРОДА И НЕОБХОДИМОСТЬ НАУЧНЫХ РЕВОЛЮЦИЙ

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

Один аспект аналогии должен быть уже очевиден. Политические революции начинаются с роста сознания (часто ограничиваемого некоторой частью политического сообщества), что существующие институты перестали адекватно реагировать на проблемы, поставленные средой, которую они же отчасти создали. Научные революции во многом точно так же начинаются с возрастания сознания, опять-таки часто ограниченного узким подразделением научного сообщества, что существующая парадигма перестала адекватно функционировать при исследовании того аспекта природы, к которому сама эта парадигма раньше проложила путь. И в политическом и в научном развитии осознание нарушения функции, которое может привести к кризису, составляет предпосылку революции. Кроме того, хотя это, видимо, уже будет злоупотреблением метафорой, аналогия существует не только для крупных изменений

парадигмы, подобных изменениям, осуществленным Лавуазье и Коперником, но также для намного менее значительных изменений, связанных с усвоением нового вида явления, будь то кислород или рентгеновские лучи. Научные революции, как мы отмечали в конце V раздела, должны рассматриваться как действительно революционные преобразования только по отношению к той отрасли, чью парадигму они затрагивают. Для людей непосвященных они могут, подобно революциям на Балканах в начале XX века, казаться обычными атрибутами процесса развития. Например, астрономы могли принять открытие рентгеновских лучей как простое приращение знаний, поскольку их парадигмы не затрагивались существованием нового излучения. Но для ученых типа Кельвина, Крукса и Рентгена, чьи исследования имели дело с теорией излучения или с катодными трубками, открытие рентгеновских лучей неизбежно нарушало одну парадигму и порождало другую. Вот почему эти лучи могли быть открыты впервые только благодаря тому, что нормальное исследование каким-то образом зашло в тупик.

Этот генетический аспект аналогии между политическим и научным развитием не подлежит никакому сомнению. Однако аналогия имеет второй, более глубокий аспект, от которого зависит значение первого. Политические революции направлены на изменение политических институтов способами, которые эти институты сами по себе запрещают. Поэтому успех революций вынуждает частично отказаться от ряда институтов в пользу других, а в промежутке общество вообще управляется институтами не полностью. Первоначально именно кризис ослабляет роль политических институтов, так же, как мы уже видели, он ослабляет роль парадигмы. Возрастает число личностей, которые во все большей степени отстраняются от политической жизни, или же если не отстраняются, то в ее рамках поведение их становится более и более странным. Затем, когда кризис усиливается, многие из этих личностей объединяются между собой для создания некоторого конкретного плана преобразования общества в новую институциональную структуру. В этом пункте общество разделяется

на враждующие лагери или партии; одна партия пытается отстоять старые социальные институты, другие пытаются установить некоторые новые. Когда такая поляризация произошла, политический выход из создавшегося положения оказывается невозможным. Поскольку различные лагери расходятся по вопросу о форме, в которой политическое изменение будет успешно осуществляться и развиваться, и поскольку они не признают никакой надынституциональной структуры для примирения разногласий, приведших к революции, то вступающие в революционный конфликт партии должны в конце концов обратиться к средствам массового убеждения, часто включая и силу. Хотя революции играли жизненно важную роль в преобразовании политических институтов, эта роль зависит частично от внеполитических и внеинституциональных событий.

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

Этот логический круг сам по себе, конечно, еще не делает аргументы ошибочными или даже неэффективными. Тот исследователь, который использует в качестве исходной посылки парадигму, когда выдвигает аргументы в ее защиту, может тем не менее ясно показать, как будет выглядеть практика научного исследования для тех, кто усвоит новую точку зрения на

природу. Такая демонстрация может быть необычайно убедительной, а зачастую и просто неотразимой. Однако природа циклического аргумента, как бы привлекателен он ни был, такова, что он обращается не к логике, а к убеждению. Ни с помощью логики, ни с помощью теории вероятности невозможно переубедить тех, кто отказывается войти в круг. Логические посылки и ценности, общие для двух лагерей при спорах о парадигмах, недостаточно широки для этого. Как в политических революциях, так и в выборе парадигмы нет инстанции более высокой, чем согласие соответствующего сообщества. Чтобы раскрыть, как происходят научные революции, мы поэтому будем рассматривать не только влияние природы и логики, но также эффективность техники убеждения в соответствующей группе, которую образует сообщество ученых.

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

Сначала отметим, что если такие основания есть, то они проистекают не из логической структуры научного знания. В принципе новое явление может быть обнаружено без разрушения какого-либо элемента прошлой научной практики. Хотя открытие жизни на Луне

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

Конечно, наука (или некоторое другое предприятие, возможно, менее эффективное) при каких-то условиях может развиваться таким полностью кумулятивным образом. Многие люди придерживались убеждения, что дело обстоит именно так, а большинство все еще, вероятно, допускает, что простое накопление знания по крайней мере является идеалом, который, несомненно, осуществился бы в историческом развитии, если бы только оно так часто не искажалось человеческой субъективностью. Есть важные основания верить в это.

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

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

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

Та же самая аргументация используется даже более очевидно в вопросе создания новых теорий. В принципе есть только три типа явлений, которые может охватывать вновь созданная теория. Первый состоит из явлений, хорошо объяснимых уже с точки зрения существующих парадигм; эти явления редко представляют собой причину или отправную точку для создания теории. Когда они все же порождают теорию – как было с тремя известными предвидениями, рассмотренными в конце VII раздела, – то результат редко оказывается приемлемым, потому что природа не дает никакого основания для того, чтобы предпочитать новую теорию старой. Второй вид явлений представлен теми, природа которых указана существующими парадигмами, но их детали могут быть поняты только при дальнейшей разработке теории. Это явления, исследованию которых ученый отдает много времени, но его исследования в этом случае нацелены на разработку существующей парадигмы, а не на создание новой. Только когда эти попытки в разработке парадигмы потерпят неудачу, ученые переходят к изучению третьего типа явлений, к осознанным аномалиям, характерной чертой которых является упорное сопротивление объяснению их существующими парадигмами. Только этот тип явлений и дает основание для возникновени

новой теории. Парадигмы определяют для всех явлений, исключая аномалии, соответствующее место в теоретических построениях исследовательской области ученого.

Но если возникновение новых теорий вызывается необходимостью разрешения аномалий по отношению к существующим теориям в их связи с природой, тогда успешная новая теория должна допускать предсказания, которые отличаются от предсказаний, выводимых из предшествующих теорий. Такого отличия могло бы и не быть, если бы обе теории были логически совместимы. В процессе своей ассимиляции вторая теория должна заменить первую. Даже теория, подобная теории сохранения энергии, которая сегодня кажется логической суперструктурой, соотносящейся с природой только через независимо установленные теории, исторически развивалась через разрушение парадигмы. Более того, она возникла из кризиса, существенным ингредиентом которого была несовместимость между динамикой Ньютона и некоторыми позднее сформулированными следствиями флогистонной теории теплоты. Только после того, как флогистонная теория была отброшена, теория сохранения энергии смогла стать частью науки1. И только тогда, когда эта теория стала частью науки и оставалась таковой в течение некоторого времени, она смогла предстать как теория логически более высокого уровня, которая не противоречит другим теориям, ей предшествовавшим. Очень трудно усмотреть, как могли бы возникнуть новые теории без этих деструктивных изменений в убеждениях, касающихся природы. Хотя логическое включение одной теории в другую остается допустимым вариантом в отношении между следующими друг за другом научными теориями, с точки зрения исторического исследования это неправдоподобно.

Столетие назад, я думаю, можно было бы на этом и остановиться в рассмотрении вопроса о необходимости революций. Но в настоящее время, к сожалению,

1 S.P.Thompson. Life of William Thomson Baron Kelvin of Largs. London, 1910, I, p. 266-281

этого делать нельзя, потому что невозможно отстоять развитую выше точку зрения на предмет, если принять наиболее распространенную сегодня интерпретацию природы и функций научной теории. Эта интерпретация, тесно связанная с ранним логическим позитивизмом и не отброшенная полностью его последователями, обычно ограничивает уровень и значение принятой теории так, чтобы последняя не имела возможности вступать в противоречие с предшествующей теорией, которая давала предписания относительно тех же самых явлений природы. Наиболее известным и ярким примером, связанным со столь ограниченным пониманием научной теории, является анализ отношения между современной динамикой Эйнштейна и старыми уравнениями динамики, которые вытекали из "Начал" Ньютона. С точки зрения настоящей работы эти две теории совершенно несовместимы в том же смысле, в каком была показана несовместимость астрономии Коперника и Птолемея: теория Эйнштейна может быть принята только в случае признания того, что теория Ньютона ошибочна. Но сегодня приверженцы этой точки зрения остаются в меньшинстве2. Поэтому мы должны рассмотреть наиболее распространенные возражения против нее.

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

2 См., например, заметки П.П.Винера в: "Philosophy of Science", XXV, 1958, p. 298.

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

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

Подобной аргументации вполне достаточно, чтобы сделать любую теорию, когда-либо используемую значительной группой компетентных ученых, невосприимчивой против любых нападок. Например, подвергшаяся злословию теория флогистона внесла упорядоченность в большой ряд физических и химических явлений. Она объяснила, почему тела горят (потому, что они богаты флогистоном) и почему металлы имеют намного больше общих друг с другом свойств, нежели их руды (металлы полностью состоят из различных элементарных земель, соединенных с флогистоном, а поскольку флогистон содержится во всех металлах, постольку он создает общность свойств). Кроме того, теория флогистона объяснила ряд реакций получения кислоты при окислении веществ, подобных углероду и сере. Она также объяснила уменьшение объема, когда окисление проис-

ходило в ограниченном объеме воздуха, – флогистон высвобождался при нагревании, которое "портит" упругость воздуха, абсорбирующего флогистон, точно так же, как огонь "портит" упругость стальной пружины3. Если бы перечисленные факты были единственными явлениями, которыми теоретики флогистона ограничивали свою теорию, то последняя никогда не могла быть подвергнута сомнению. Подобное обоснование подойдет и для любой другой теории, которая когда-либо успешно применялась к какому-нибудь ряду явлений вообще.

Но, чтобы сохранять теории таким образом, нужно ограничить область их применения теми явлениями и такой точностью наблюдения, с которой уже имеющиеся эксперименты имеют дело4. Если возникает искушение сделать еще дальше хотя бы один шаг (а его вряд ли можно избежать, коль скоро первый шаг уже сделан), то такое ограничение запрещает ученому говорить в "научном" плане о любых явлениях, еще не наблюдавшихся. Даже в современных формах ограничение не позволяет ученому в своем исследовании полагаться на теорию, когда это исследование раскрывает новую область или стремится достигнуть степени точности, беспрецедентной для предшествующего применения теории. Такие запреты логически исключить невозможно. Но в результате их принятия должно быть прекращено исследование, двигающее науку дальше.

В сущности, этот вопрос до настоящего времени был тавтологичен. Без предписаний парадигмы не может быть никакой нормальной науки. Больше того, предписание должно простираться на такие области и уровни точности, для которых нет полного прецедента. Если

3 J.B.Conant. Overthrow of the Phlogiston Theory. Cambridge, 1950, p. 13-16; J.R.Partington. A Short History of Chemistry, 2d ed. London, 1951, p. 85-88. Наиболее полное и систематическое изложение теории флогистона представлено в: H.Metzger. Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique. Paris, 1930. Part II.

4 Сравните выводы, полученные с помощью совершенно иного типа анализа: R.B.Braithwaite. Scientific Explanation. Cambridge, 1953, p. 50-87, особенно стр. 76.

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

Еще более важно то, что в аргументации позитивистов есть логический пробел, который немедленно возвращает нас к вопросу о природе революционного изменения в науке. Можно ли в самом деле динамику Ньютона вывести из релятивистской динамики? На что похоже такое выведение? Представим ряд предложений , которые воплощают в себе законы теории относительности. Эти предложения содержат переменные и параметры, отображающие пространственные координаты, время, массу покоя и т. д. Из них с помощью аппарата логики и математики дедуцируется еще один ряд предложений, включая некоторые предложения, которые могут быть проверены наблюдением. Чтобы доказать адекватность ньютоновской механики как частного случая, мы должны присоединить к предложениям дополнительные предложения типа , ограничив тем самым область переменных и параметров. Этот расширенный ряд предложений преобразуется затем так, чтобы получить новую серию , которые тождественны по форме

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

мы должны изменить фундаментальные структурные элементы, из которых состоит универсум и которые к нему применяются.

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

Этих замечаний будет достаточно, чтобы доказать тезис, который в ином философском климате мог бы быть принят без доказательств. По крайней мере для ученых большинство очевидных различий между отбрасываемой научной теорией и ее преемницей вполне реально. Хотя устаревшую теорию всегда можно рассматривать как частный случай ее современного преемника, она должна быть преобразована для этой цели. Преобразование же является тем, что может осуществляться с использованием преимуществ ретроспективной оценки – отчетливо выраженного применения более современной теории. Кроме того, даже если это преобразование было задумано для интерпретации старой теории, результатом его применения должна быть теория, ограниченная до такой степени, что она может только переформулировать то, что уже известно. Вследствие своей экономичности эта переформулировка теории полезна, но она не может быть достаточной для того, чтобы направлять исследование.

Примем, таким образом, теперь без доказательства, что различия между следующими друг за другом парадигмами необходимы и принципиальны. Можем ли мы

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

Влияние работы Ньютона на традиции нормальной научной практики XVII века служит ярким примером этих более тонких последствий смены парадигмы. Еще до рождения Ньютона "новая наука" столетия достигла успеха, отбросив наконец аристотелевские и схоластические объяснения, которые сводились к сущностям материальных тел. На рассуждение о камне, который упал потому, что его "природа" движет его по направлению к центру Вселенной, стали смотреть лишь как на тавтологичную игру слов. Такой критики раньше не наблюдалось. С этого времени весь поток сенсорных вос-

приятий, включая восприятие цвета, вкуса и даже веса, объяснялся в терминах протяженности, формы, места и движения мельчайших частиц, составляющих основу материи. Приписывание других качеств элементарным атомам не обошлось без неких таинственных понятий и поэтому лежало вне границ науки. Мольер точно ухватил новое веяние, когда осмеял доктора, который объяснял наркотическое действие опиума, приписывая ему усыпляющую силу. В течение последней половины XVII века многие ученые предпочитали говорить, что сферическая форма частиц опиума дает им возможность успокаивать нервы, по которым они распространяются5.

На предыдущей стадии развития науки объяснение на основе скрытых качеств было составной частью продуктивной научной работы. Тем не менее новые требования к механико-корпускулярному объяснению в XVII веке оказались очень плодотворными для ряда наук, избавив их от проблем, которые не поддавались общезначимому решению, и предложив взамен другие. Например, в динамике три закона движения Ньютона в меньшей степени являлись продуктом новых экспериментов, чем попыткой заново интерпретировать хорошо известные наблюдения на основе движения и взаимодействия первичных нейтральных корпускул. Рассмотрим только одну конкретную иллюстрацию. Так как нейтральные корпускулы могли действовать друг на друга только посредством контакта, механико-корпускулярная точка зрения на природу направляла стремление ученых к совершенно новому предмету исследования – к изменению скорости и направления движения частиц при столкновении. Декарт поставил проблему и дал ее первое предположительное решение. Гюйгенс, Рен и Уоллис расширили ее еще больше, частью посредством экспериментирования, сталкивая качающиеся грузы, но большей частью посредством использования ранее хорошо известных характеристик

5 О корпускуляризме вообще см.: M.Boas. The Establishment of the Mechanical Philosophy. – "Osiris", X, 1952, p. 412-541. О воздействии формы частиц на вкусовые ощущения см.: Ibid., p. 483.

движения при решении новой проблемы. А Ньютон обобщил их результаты в законах движения. Равенство "действия" и "противодействия" в третьем законе является результатом изменения количества движения, наблюдающегося при столкновении двух тел. То же самое изменение движения предполагает определение динамической силы, скрыто входящее во второй закон. В этом случае, как и во многих других, в XVII веке корпускулярная парадигма породила и новую проблему и в значительной мере решение ее6.

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

6 R.Dugas. La mйcanique au XVIIe siucle, Neuchatel, 1954, p. 177-185, 284-298, 345-356.

подлинное возрождение схоластической концепции (что не равносильно регрессу). Внутренне присущие вещам силы притяжения и отталкивания присоединились к протяженности, форме, месту и движению как к физически несводимым первичным свойствам материи7.

В результате изменение в стандартах и проблемных областях физической науки оказалось опять-таки закономерным. Например, к 40-м годам XVIII века исследователи электрических явлений могли говорить о притягивающем "свойстве" электрического флюида, не вызывая насмешек, которых удостоился мольеровский доктор столетие назад. И постепенно электрические явления все больше обнаруживали закономерности, отличные от тех, которые в них видели исследователи, рассматривавшие их как эффекты механического испарения (effluvium), которое могло осуществляться только посредством контакта. В частности, когда электрическое действие на расстоянии сделалось предметом непосредственного изучения, то феномен, который сейчас мы характеризуем как электризацию через индукцию, смог быть признан в качестве одного из его следствий. Ранее, когда явление рассматривалось в общем виде, оно приписывалось непосредственному воздействию "электрических" атмосфер или утечке, неминуемой в любой электрической лаборатории. Новый взгляд на индукционное воздействие являлся в свою очередь ключом к анализу Франклином эффекта лейденской банки и, таким образом, к возникновению новой ньютоновской парадигмы для электричества. Динамика и электричество не были единственными научными областями, испытавшими влияние поиска сил, внутренне присущих материи. Большая часть литературы по химическому сродству и рядам замещения в XIX веке также ведет свое происхождение от этого супермеханического аспекта ньютонианства. Химики, которые верили в эти дифференцированные силы притяжения между различными химическими веществами, ставили эксперименты,

7 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. VI-VII.

которые ранее трудно было представить, и изыскивали новые виды реакций. Без опытных данных и химических понятий, полученных в результате этих исследований, более поздние работы Лавуазье и в особенности Дальтона были бы непонятны8. Изменения в стандартах, которые определяют проблемы, понятия и объяснения, могут преобразовать науку. В следующем разделе я попытаюсь даже рассмотреть, в каком смысле они преобразуют мир.

Другие примеры таких несубстанциональных различий между следующими друг за другом парадигмами могут быть взяты из истории любой науки почти в любой период ее развития. В данный момент ограничимся лишь двумя другими и достаточно краткими иллюстрациями. Прежде чем произошла революция в химии, одна из широко распространенных задач этой науки состояла в объяснении свойств химических веществ и изменений, которые эти свойства претерпевают в реакции. С помощью небольшого числа элементарных "первопричин" – среди которых был и флогистон – химик должен был объяснить, почему одни вещества обладают свойствами кислоты, другие – свойствами металла, третьи – свойствами возгораемости и тому подобное. В этом направлении был достигнут заметный успех. Мы уже указывали, что флогистонная теория объясняла, почему металлы так сходны между собой, и можно представить подобную аргументацию для кислот. Реформа Лавуазье, однако, окончательно отбросила химические "первопричины" и таким образом лишила химию некоторой реальной и потенциальной объяснительной силы. Чтобы компенсировать эту утрату, требовались изменения в стандартах. В течение большей части XIX века неудачи в объяснении свойств соединений не могли умалить достоинства ни одной химической теории9.

Или другой пример. Дж. Максвелл разделял с другими сторонниками волновой теории света XIX века

8 Об электричестве см.: Ibid., chaps. VIII-IX. О химии см.: Metzger. Op. cit., part I.

9 E.Meyerson. Identity and Reality. New York, 1930, chap. X.

убеждение, что световые волны должны распространяться через материальный эфир. Выявление механической сферы распространения волн было обычной проблемой для многих одаренных современников Максвелла. Однако его собственная электромагнитная теория света не принимала в расчет никакую среду, необходимую для распространения световых волн, и эта теория ясно показала, что такую среду труднее учесть, чем казалось ранее. Первоначально теория Максвелла в силу указанных причин отвергалась многими учеными. Но, подобно учению Ньютона, оказалось, что без теории Максвелла трудно обойтись, и, когда она достигла статуса парадигмы, отношение к ней со стороны научного сообщества изменилось. Убеждение Максвелла в существовании механического эфира становилось в первые десятилетия XX века все более и более похожим на чисто формальное признание (хотя оно было вполне искренним), и поэтому попытки выявить эфирную среду были преданы забвению. Ученые больше не думали, что ненаучно говорить об электричестве как о "вытеснении", не указывая на то, что "вытесняется". В результате опять возник новый ряд проблем и стандартов, который в конце концов должен был привести к появлению теории относительности10.

Такие характерные изменения в представлениях научного сообщества о его основных проблемах и стандартах меньше значили бы для идей данной работы, если бы можно было предположить, что они всегда возникают при переходе от более низкого методологического типа к некоторому более высокому. В этом случае их последствия также казались бы кумулятивными. Не удивительно, что некоторые историки утверждали, что история науки отмечена непрерывным возрастанием зрелости и совершенствованием человеческого понятия о природе науки11. Однако случаи кумулятивного

10 E.T.Whittaker. A History of the Theories of Aether and Electricity, II. London, 1953, p. 28-30

11 В качестве блестящей и вполне современной попытки втиснуть развитие науки в это прокрустово ложе можно рекомендовать: C.C.Gillispie. The Edge of Objectivity: An Essay in the History of Scientific Ideas. Princeton, 1960.

развития научных проблем и стандартов встречаются даже реже, нежели примеры кумулятивного развития теорий. Попытки объяснить тяготение, хотя они и были полностью прекращены большинством ученых XVIII века, не были направлены на решение внутренне неправомерных проблем. Возражения в отношении внутренних таинственных сил не были ни собственно антинаучными, ни метафизическими в некотором уничижительном смысле слова. Нет никаких внешних критериев, на которые могли бы опереться такие возражения. То, что произошло, не было ни отбрасыванием, ни развитием стандартов, а просто изменением, продиктованным принятием новой парадигмы. Кроме того, это изменение в какой-то момент времени приостанавливалось, затем опять возобновлялось. В XX веке Эйнштейн добился успеха в объяснении гравитационного притяжения, и это объяснение вернуло науку к ряду канонов и проблем, которые в этом частном аспекте более похожи на проблемы и каноны предшественников Ньютона, нежели его последователей. Или другой пример. Развитие квантовой механики отвергло методологические запреты, которые зародились в ходе революции в химии. В настоящее время химики стремятся, и с большим успехом, объяснить цвет, агрегатное состояние и другие свойства веществ, используемых и создаваемых в их лабораториях. Возможно, что в настоящее время подобное преобразование происходит и в разработке теории электромагнетизма. Пространство в современной физике не является инертным и однородным субстратом, использовавшимся и в теории Ньютона, и в теории Максвелла; некоторые из его новых свойств подобны свойствам, некогда приписываемым эфиру; и со временем мы можем узнать, что представляет собой перемещение электричества.

Перенося акцент с познавательной на нормативную функцию парадигмы, предшествующие примеры расширяют наше понимание способов, которыми парадигма определяет форму научной жизни. Ранее мы главным образом рассматривали роль парадигмы в качестве средства выражения и распространения научной теории. В этой роли ее функция состоит в том, чтобы

сообщать ученому, какие сущности есть в природе, а какие отсутствуют, и указывать, в каких формах они проявляются. Информация такого рода позволяет составить план, детали которого освещаются зрелым научным исследованием. А так как природа слишком сложна и разнообразна, чтобы можно было исследовать ее вслепую, то план для длительного развития пауки так же существен, как наблюдение и эксперимент. Через теории, которые они воплощают, парадигмы выступают важнейшим моментом научной деятельности. Они определяют научное исследование также и в других аспектах – вот в чем теперь суть дела. В частности, только что приведенные нами примеры показывают, что парадигмы дают ученым не только план деятельности, но также указывают и некоторые направления, существенные для реализации плана. Осваивая парадигму, ученый овладевает сразу теорией, методами и стандартами, которые обычно самым теснейшим образом переплетаются между собой. Поэтому, когда парадигма изменяется, обычно происходят значительные изменения в критериях, определяющих правильность как выбора проблем, так и предлагаемых решений.

Это наблюдение возвращает нас к пункту, с которого начинался этот раздел, поскольку дает нам первое четкое указание, почему выбор между конкурирующими парадигмами постоянно порождает вопросы, которые невозможно разрешить с помощью критериев нормальной науки. В той же степени (столь же значительной, сколько и неполной), в какой две научные школы несогласны друг с другом относительно того, чту есть проблема и каково ее решение, они неизбежно будут стремиться переубедить друг друга, когда станут обсуждать относительные достоинства соответствующих парадигм. В аргументациях, которые постоянно порождаются такими дискуссиями и которые содержат в некотором смысле логический круг, выясняется, что каждая парадигма более или менее удовлетворяет критериям, которые она определяет сама, но не удовлетворяет некоторым критериям, определяемым ее противниками. Есть и другие причины неполноты логического контакта, который постоянно характеризует обсуждение

парадигм. Например, так как ни одна парадигма никогда не решает всех проблем, которые она определяет, и поскольку ни одна из двух парадигм не оставляет нерешенными одни и те же проблемы, постольку обсуждение парадигмы всегда включает вопрос: какие проблемы более важны для решения? Наподобие сходного вопроса относительно конкурирующих стандартов, этот вопрос о ценностях может получить ответ только на основе критерия, который лежит всецело вне сферы нормальной науки, и именно это обращение к внешним критериям с большой очевидностью делает обсуждение парадигм революционным. Однако на карту ставится даже нечто более фундаментальное, чем стандарты и оценки. До сих пор я рассматривал только вопрос о существенном значении парадигм для науки. Сейчас я намереваюсь выявить смысл, в котором они оказываются точно так же существенными для самой природы.

X

РЕВОЛЮЦИИ КАК ИЗМЕНЕНИЕ ВЗГЛЯДА НА МИР

Рассматривая результаты прошлых исследований с позиций современной историографии, историк науки может поддаться искушению и сказать, что, когда парадигмы меняются, вместе с ними меняется сам мир. Увлекаемые новой парадигмой ученые получают новые средства исследования и изучают новые области. Но важнее всего то, что в период революций ученые видят новое и получают иные результаты даже в тех случаях, когда используют обычные инструменты в областях, которые они исследовали до этого. Это выглядит так, как если бы профессиональное сообщество было перенесено в один момент на другую планету, где многие объекты им незнакомы, да и знакомые объекты видны в ином свете. Конечно, в действительности все не так: нет никакого переселения в географическом смысле; вне стен лаборатории повседневная жизнь идет своим чередом. Тем не менее изменение в парадигме вынуждает ученых видеть мир их исследовательских проблем в ином свете. Поскольку они видят этот мир не иначе, как через призму своих воззрений и дел, постольку у нас может возникнуть желание сказать, что после революции ученые имеют дело с иным миром.

Элементарные прототипы для этих преобразований мира ученых убедительно представляют известные демонстрации с переключением зрительного гештальта. То, что казалось ученому уткой до революции, после революции оказывалось кроликом. Тот, кто сперва видел наружную стенку коробки, глядя на нее сверху, позднее видел ее внутреннюю сторону, если смотрел снизу. Трансформации, подобные этим, хотя обычно и более постепенные и почти необратимые, всегда сопровождают научное образование. Взглянув на контурную карту, студент видит линии на бумаге, картограф – картину местности. Посмотрев на фотографию, сделанную в

пузырьковой камере, студент видит перепутанные и ломаные линии, физик – снимок известных внутриядерных процессов. Только после ряда таких трансформаций видения студент становится "жителем" научного мира, видит то, что видит ученый, и реагирует на это так, как реагирует ученый. Однако мир, в который студент затем входит, не представляет собой мира, застывшего раз и навсегда. Этому препятствует сама природа окружающей среды, с одной стороны, и науки – с другой. Скорее он детерминирован одновременно и окружающей средой, и соответствующей традицией нормальной науки, следовать которой студент научился в процессе образования. Поэтому во время революции, когда начинает изменяться нормальная научная традиция, ученый должен научиться заново воспринимать окружающий мир – в некоторых хорошо известных ситуациях он должен научиться видеть новый гештальт. Только после этого мир его исследования будет казаться в отдельных случаях несовместимым с миром, в котором он "жил" до сих пор. Это составляет вторую причину, в силу которой школы, исповедующие различные парадигмы, всегда действуют как бы наперекор друг другу.

Конечно, в своих наиболее обычных формах гештальт-эксперименты иллюстрируют только природу перцептивных преобразований. Они ничего не говорят нам о роли парадигм или роли ранее приобретенного опыта в процессе восприятия. По этому вопросу есть обширная психологическая литература, большая часть которой берет начало с первых исследований Ганноверского института. Испытуемый, которому надевают очки, снабженные линзами, переворачивающими изображение, первоначально видит внешний мир перевернутым "вверх дном". Сначала его аппарат восприятия функционирует так, как он был приспособлен функционировать без очков, и в результате происходит полная дезориентация, острый кризис личности. Но после того, как субъект начинает привыкать рассматривать свой новый мир, вся его визуальная сфера преобразуется заново, обычно после промежуточного периода, когда она пребывает просто в состоянии беспорядка. С этого времени

объекты снова видятся такими, какими они были до того, как были надеты очки. Ассимиляция поля зрения, бывшего ранее аномальным, воздействовала на поле зрения и изменила его1. Как в прямом, так и в переносном смысле слова можно сказать, что человек, привыкший к перевернутому изображению, испытывает революционное преобразование видения.

Испытуемые в опыте с аномальными игральными картами, рассмотренном в VI разделе, переживают совершенно аналогичную трансформацию. Пока испытуемые не поймут благодаря более длительной экспозиции, что существуют и аномальные карты, они воспринимают только те типы карт, которые позволяет им распознавать ранее полученный опыт. Однако как только опыт давал им необходимые дополнительные категории, они приобретали способность замечать все аномальные карты при первой же проверке, достаточно продолжительной, чтобы идентификация оказалась возможной. Другие эксперименты показывают, что восприятие размера, цвета и тому подобных свойств объектов, обнаруживаемых в эксперименте, также изменяется под влиянием предшествующего опыта и обучения испытуемого2. Обзор богатой экспериментальной литературы, из которой взяты эти примеры, наводит на мысль, что предпосылкой самого восприятия является некоторый стереотип, напоминающий парадигму. То, что человек видит, зависит от того, на что он смотрит, и от того, что его научил видеть предварительный визуально-концептуальный опыт. При отсутствии такого навыка может быть, говоря словами Уильяма Джемса, только "форменная мешанина".

[1] Оригинальные эксперименты были осуществлены Дж.М.Стрэттоном: G.M.Stratton. Vision without Inversion of the Retinal Image. – "Psychological Review", IV, 1897, p. 341-360, 463-481. Более современное рассмотрение дано Х. А. Карром: H. A. Carr. An Introduction to Space Perception. New York, 1935, p. 18-57

[2] См., например: A.H.Hastorf. The Influence of Suggestion on the Relationship between Stimulus Size and Perceived Distance. – "Journal of Psychology", XXIX, 1950, p. 195-217; J.S.Bruner, L.Postman and J. Rodrigues. Expectations and the Perception of Color. – "American Journal of Psychology", LXIV, 1951, p. 216-227.

В последние годы те, кто интересовался историей науки, считали эксперименты, вроде описанных нами выше, исключительно важными. В частности, Н. Хансон использовал гештальт-эксперименты для исследования некоторых следствий, к которым приводят научные убеждения, подобные тем, которые я здесь затронул3. Другие авторы неоднократно отмечали, что история науки могла быть изложена лучше и быть более осмысленной, если бы можно было допустить, что ученые время от времени испытывали сдвиги в восприятии, подобные описанным выше. Однако, хотя психологические эксперименты и заставляют задуматься, они не могут быть по своей природе более чем экспериментами. Они действительно раскрывают характеристики восприятия, которые могли быть центральными в развитии науки, но они не показывают, что точное и контролируемое наблюдение, выполняемое ученым-исследователем, вообще включает в себя эти характеристики. Кроме того, сама природа таких экспериментов делает любую непосредственную демонстрацию этой проблемы невозможной. Если исторический пример призван показать, что психологические эксперименты вносят свой вклад в объяснение развития науки, то мы должны сначала отметить те виды доказательств, которые мы можем и которые не можем ожидать от истории.

Человек, участвующий в гештальт-экспериментах, знает, что его восприятие деформировано, потому что он может неоднократно производить сдвиги восприятия в ту или другую сторону, пока он держит в руках одну и ту же книгу или газетный лист. Понимая, что ничто в окружающей обстановке не изменяется, он направляет свое внимание в основном не на изображение (утки или кролика), а на линии на бумаге, которую он разглядывает. В конце концов он может даже научиться видеть эти линии, не видя ни той, ни другой фигуры, и затем он может сказать (чего он не мог с полным основанием сделать раньше), что он видит именно линии, но видит их при этом то как утку, то как кролика. Точно так же испытуемый в опыте с аномальными кар-

3 N.R.Hanson. Patterns of Discovery. Cambridge, 1958, chap. I.

тами знает (или, более точно, может быть убежден), что его восприятие должно быть деформировано, потому что внешний авторитет экспериментатора убеждает его, что независимо от того, чту он увидел, он все время смотрел на черную пятерку червей. В обоих этих случаях, как и во всех подобных психологических экспериментах, эффективность демонстрации зависит от возможностей анализа таким способом. Если бы не было внешнего стандарта, по отношению к которому регистрируется переключение видения, то нельзя было бы и сделать вывода об альтернативных возможностях восприятия.

Однако в научном исследовании складывается прямо противоположная ситуация. Ученый может полагаться только на то, что он видит своими глазами или обнаруживает посредством инструментов. Если бы был более высокий авторитет, обращаясь к которому можно было бы показать наличие сдвига в видении мира ученым, тогда этот авторитет сам по себе должен был бы стать источником его данных, а характер его видения стал бы источником проблем (как характер видения испытуемого в процессе эксперимента становится источником проблемы для психолога). Проблемы такого же рода могли бы возникнуть, если бы ученый мог переключать в ту или другую сторону свое восприятие, подобно испытуемому в гештальт-экспериментах. Период, когда свет считался "то волной, то потоком частиц", был периодом кризиса – периодом, когда в атмосфере научных исследований витало предчувствие какой-то ошибки, и он закончился только с развитием волновой механики и осознанием того, что свет есть самостоятельная сущность, отличная как от волны, так и от частицы. Поэтому в науках, когда происходит переключение восприятия, которое сопутствует изменениям парадигм, мы не можем рассчитывать, что ученые сразу же улавливают эти изменения. Глядя на Луну, ученый, признавший коперниканскую теорию, не скажет: "Раньше я обычно видел планету, а сейчас я вижу спутник". Такой оборот речи имел бы смысл, если бы система Птолемея была бы правильной. Вместо этого ученый, признавший новую астрономию, скажет:

"Раньше я считал Луну (или видел Луну) планетой, но я ошибался". Такой вид утверждения возвращает нас к последствиям научной революции. Если такое высказывание скрывает сдвиг научного видения или какую-либо другую трансформацию мышления, имеющую тот же результат, то мы не можем рассчитывать на непосредственное свидетельство о сдвиге. Скорее мы должны рассмотреть косвенные данные, изучить деятельность ученого с новой парадигмой, которая отличается от его прежней деятельности.

Обратимся к фактам и посмотрим, какие виды трансформации мира ученого может раскрыть историк, верящий в такие изменения. Открытие Уильямом Гершелем Урана представляет собой первый пример, причем такой, который в значительной степени аналогичен эксперименту с аномальными картами. По крайней мере в семнадцати случаях между 1690 и 1781 годами ряд астрономов, в том числе несколько лучших наблюдателей Европы, видели звезду в точках, которые, как мы теперь полагаем, должен был проходить в соответствующее время Уран. Один из лучших наблюдателей среди этой группы астрономов действительно видел звезду четыре ночи подряд в 1769 году, но не заметил движения, которое могло бы навести на мысль о другой идентификации. Гершель, когда впервые наблюдал тот же самый объект двенадцать лет спустя, использовал улучшенный телескоп своей собственной конструкции. В результате ему удалось заметить видимый диаметр диска, по меньшей мере необычный для звезд. Ввиду этого явного несоответствия он отложил идентификацию до получения результатов дальнейшего наблюдения. Это наблюдение обнаружило движение Урана относительно других звезд, и Гершель поэтому объявил, что он наблюдал новую комету! Только несколько месяцев спустя, после безуспешных попыток "втиснуть" наблюдаемое движение в кометную орбиту, Ликселл предположил, что орбита, вероятно, является планетарной4. Когда это предположение было принято, то в мире

4 P.Doig. A Concise History of Astronomy. London, 1950, p. 115-116

профессиональных астрономов стало несколько меньше звезд, а планет на одну больше. Небесное тело, которое наблюдалось время от времени на протяжении почти столетия, стало рассматриваться иначе после 1781 года потому, что, подобно аномальной игральной карте, оно больше не соответствовало категориям восприятия (звезды или кометы), которые могла предложить парадигма, доминировавшая ранее.

Однако сдвиг восприятия, который дал астрономам возможность увидеть Уран как планету, вероятно, воздействовал не только на восприятие этого ранее наблюдавшегося объекта. Его последствия были более значительными. Возможно, хотя это не вполне ясно, небольшое изменение парадигмы, вызванное Гершелем, помогло подготовить астрономов к быстрому открытию после 1801 года множества малых планет, или астероидов. Из-за того, что астероиды весьма малы, их изображения в телескопе не дают видимого диска – аномалии, которая ранее насторожила Гершеля. Тем не менее астрономы, подготовленные теперь к обнаружению дополнительных планет, смогли с помощью обычных инструментов обнаружить 20 планет в первые 50 лет XIX столетия5. История астрономии располагает многими другими примерами изменений в научном восприятии, вызванных влиянием на него парадигмы; некоторые из этих примеров не подлежат сомнению. Разве можно считать, например, случайностью, что астрономы на Западе впервые увидели изменение в ранее неизменных небесных явлениях в течение полустолетия после того, как Коперник предложил новую парадигму? Китайцы, чьи космологические представления не исключали подобных изменений на небе, зафиксировали появление множества новых звезд на небе в значительно более ранний период. Кроме того, даже без помощи телескопа китайцы систематически отмечали появление солнечных пятен за несколько столетий до того, как их

5 R.Wolf. Geschichte der Astronomie. Mьnchen, 1877, S. 513-515, 683-693. Отметим, в частности, сложность вольфовского объяснения этих открытий как следствий из закона Боде.

наблюдали Галилей и его современники6. Обнаружение солнечных пятен и открытие новой звезды не были единственными примерами изменений в небесных явлениях, которые были признаны в западной астрономии сразу же после создания теории Коперником. Используя традиционные инструменты, иногда такие примитивные, как кусок нити, астрономы конца XVI века неоднократно открывали, что кометы странствуют в космическом пространстве, которое считалось раньше безраздельным владением неизменных звезд и планет7. Сама легкость и быстрота, с которыми астрономы открывали новые явления, когда наблюдали за старыми объектами с помощью старых инструментов, вызывают желание сказать, что после Коперника астрономы стали жить в ином мире. Во всяком случае, изменения, происшедшие в их исследованиях, были таковы, как если бы дело обстояло таким образом.

Предыдущие примеры взяты из астрономии, потому что сообщения о наблюдениях небесных явлений часто излагаются с помощью терминов, относящихся к относительно чистому наблюдению. Только в таких сообщениях мы можем надеяться найти полный параллелизм между наблюдениями ученых и наблюдениями над испытуемыми в психологических экспериментах. Но мы не обязаны настаивать на такой полной аналогии; мы многое должны выиграть от ослабления нашего требования. Если удовлетвориться обычным употреблением слова "видеть", то мы легко сможем осознать, что уже встречались со многими другими примерами сдвигов в научном восприятии, которые сопутствуют изменению парадигмы. Такое расширенное употребление терминов "восприятие" и "въдение" вскоре потребует специального обоснования; но для начала позвольте мне проиллюстрировать их применение на практике.

Обратим внимание снова на два наших ранее приведенных примера из истории электричества. В течение

6 J.Needham. Science and Civilization in China, III. Cambridge, 1959, p. 423-429; 434-436

7 T.S.Kuhn. The Copernican Revolution. Cambridge, Mass., 1957, p. 206-209.

XVII века, когда исследование ученых, интересующихся электрическими явлениями, руководствовалось той или иной теорией "истечения", они неоднократно видели, как мелкие частички отскакивали или спадали с наэлектризованных тел, притягивающих их. По крайней мере в XVII веке наблюдатели утверждали, что они видели это явление; и у нас нет никаких оснований сомневаться в правильности их сообщений о восприятии больше, чем наших собственных. Используя такую же аппаратуру, что и раньше, современный наблюдатель мог бы видеть электростатическое отталкивание (а не механическое или гравитационное воздействие), но исторически (не считая одного всеми игнорируемого исключения) никто не видел в этом явлении электростатического отталкивания как такового до тех пор, пока мощная аппаратура Хауксби не позволила значительно усилить этот эффект. Отталкивание после контактной электризации было, однако, лишь одним из многих эффектов отталкивания, которые увидел Хауксби. Благодаря его исследованиям (до некоторой степени подобно тому, что имело место при переключении гештальта) отталкивание сразу стало фундаментальным проявлением электризации, и затем оставалось только объяснить притяжение8. Электрические явления, наблюдаемые в начале XVIII века, были и более тонкими и более разнообразными, нежели явления, которые видел наблюдатель в XVII веке. Или другой пример. После усвоения парадигмы Франклина исследователи электрических явлений, наблюдая опыты с лейденской банкой, увидели нечто отличное от того, что они видели прежде. Прибор стал конденсатором, для которого не требовалась ни форма банки, ни форма стакана. Вместо этого были применены две проводящие обкладки, одна из которых не была первоначально частью прибора. Как дискуссии в книгах, так и иллюстрации в них свидетельствуют, что две металлические пластинки с изолятором между ними послужили прототипом дл

8 D.Roller and D.H.D.Roller. The Development of the Concept of Electric Charge. Cambridge, Mass., 1954, p. 21-29.

класса этих приборов9. В то же время получили новые описания другие индукционные эффекты, а некоторые вообще наблюдались впервые.

Сдвиги такого рода не ограничиваются областью астрономии и электричества. Мы уже отметили некоторые подобные трансформации восприятия, которые могут быть выведены из истории химии. Мы говорили, что Лавуазье увидел кислород там, где Пристли видел дефлогистированный воздух и где другие не видели ничего вообще. Однако, научившись видеть кислород, Лавуазье также должен был изменить свою точку зрения на многие другие, более известные вещества. Он, например, должен был увидеть руду сложного состава там, где Пристли и его современники видели обычную землю, кроме этих, должны были быть и другие подобные изменения. Как бы там ни было, в результате открытия кислорода Лавуазье по-иному видел природу. И так как нет другого выражения для этой гипотетически установленной природы, которую Лавуазье "видел по-иному", мы скажем, руководствуясь принципом экономии, что после открытия кислорода Лавуазье работал в ином мире.

Я попытаюсь в дальнейшем избежать этого странного оборота речи, но сначала мы рассмотрим дополнительный пример его употребления. Этот пример взят из наиболее известной части исследования Галилея. Со времени глубокой древности многие видели, как то или иное тяжелое тело раскачивается на веревке или цепочке до тех пор, пока в конце концов не достигнет состояния покоя. Для последователей Аристотеля, которые считали, что тяжелое тело движется в силу своей собственной природы из более высокой точки к состоянию естественного покоя в более низкую точку, качающееся тело было просто телом, которое падает, испытывая сопротивление. Сдерживаемое цепочкой, оно могло достигнуть покоя в своей низкой точке только после колебательного движения в течение значительного интервала времени. С другой стороны, Галилей, наблюдая за качающимся телом, увидел маятник как тело,

9 См. обсуждение в VII разделе

которое почти периодически осуществляет движение снова и снова, и так без конца. Сумев увидеть это (а этого уже было немало), Галилей наблюдал также другие свойства маятника и выдвинул многие из наиболее значительных идей новой динамики, касающейся этих свойств. Например, наблюдая свойства маятника, Галилей получил свой единственный важный и серьезный аргумент в пользу независимости веса и скорости падения, а также аргумент, указывающий на связь между высотой и конечной скоростью движения по наклонной плоскости10. Все эти явления природы Галилей видел иначе, чем они представлялись до него.

Почему произошел этот сдвиг восприятия? Конечно, в известной мере благодаря гениальности самого Галилея. Но заметим, что гений не проявился здесь в большей точности или объективности наблюдения над качающимся телом. С описательной стороны восприятие Аристотеля было столь же точным. Когда Галилей сообщил, что период колебания маятника не зависит от амплитуды, если она не превышает 90°, его точка зрения на колебания маятника позволила ему заметить намного больше закономерностей, чем мы можем увидеть в этой области11. В процессе такого открытия включается, скорее, использование гением возможностей своего восприятия, которые помогли осуществить изменение в парадигме средневекового мышления. Галилей получил не такое образование, как Аристотель. Наоборот, для него было привычным анализировать движение на основе теории побуждения, более поздней средневековой парадигмы, которая полагала, что непрерывное движение тяжелого тела обусловлено внутренней силой, вложенной в него творцом, положившим начало его движению. Жан Буридан и Николай Орезм – схоласты XIV века, которые дали теории побуждения ее наиболее законченную формулировку, – были первыми, кто разглядел в колебательных движениях некоторую часть того, что впоследствии увидел в них Галилей. Буридан описывал

10 G.Galilei. Dialogues concerning Two New Sciences. Evanston. Ill., 1946, p. 80-81, 162-166.
11 Ibid., p. 91-94, 244

движение вибрирующей струны как движение, в котором побудительная сила возникает в тот момент, когда ударяют по струне; побудительная сила в дальнейшем расходуется при колебании струны, преодолевая ее натяжение; натяжение затем влечет струну назад, вызывая возрастание побудительной силы до тех пор, пока не достигается средняя линия колебаний; после этого побудительная сила тянет струну в противоположном направлении; снова и снова возникает натяжение струны и так далее в симметричном процессе, который может продолжаться до бесконечности. Позже в том же XIV столетии Орезм схематически представил подобный анализ движения подвешенного камня, который сейчас можно считать первым обсуждением проблемы маятника12. Его точка зрения, очевидно, была очень близка к точке зрения Галилея, которой последний придерживался, когда впервые начал рассматривать колебания маятника. По крайней мере у Орезма и точно так же, почти несомненно, у Галилея это была точка зрения, которая обеспечила возможность перехода от исходной аристотелевской к схоластической парадигме побуждения к движению. До тех пор пока парадигма схоластов не была создана, ученые не могли видеть никаких маятников, а только качающиеся грузы. Маятники появились благодаря изменению парадигмы, очень напоминающему переключение гештальта.

Однако есть ли необходимость описывать то, что отличает Галилея от Аристотеля или Лавуазье от Пристли, как некую трансформацию видения? Действительно ли эти исследователи видели различные вещи, когда рассматривали объекты одного и того же типа? Правомерно ли вообще говорить, что ученые проводили свои исследования в различных мирах? Эти вопросы нельзя откладывать, ибо, очевидно, есть другой и намного более обычный способ описания всех исторических примеров, приведенных выше. Многие читатели, конечно, захотят сказать: то, что мы называем изменением с помощью парадигмы, есть только интерпретация ученым

12 M.Clagett. The Science of Mechanics in the Middle Ages. Madison, Wis., 1959, p. 537-538, 570.

наблюдений, которые сами по себе предопределены раз и навсегда природой окружающей среды и механизмом восприятия. С этой точки зрения Пристли и Лавуазье оба видели кислород, но они интерпретировали свои наблюдения различным образом; Аристотель и Галилей оба видели колебания маятника, но они по-разному интерпретировали то, что видели.

Скажем сразу, что это очень распространенное мнение относительно того, чту происходит, когда ученые меняют свои взгляды на фундаментальные вопросы, не может быть ни заблуждением, ни просто ошибкой. Скорее это существенная часть философской парадигмы, предложенной Декартом и развитой в то же время, что и ньютоновская динамика. Эта парадигма хорошо послужила как науке, так и философии. Ее использование, подобно использованию самой динамики, было плодотворно для основательного уяснения того, что невозможно было достичь другим путем. Однако, о чем свидетельствует та же динамика Ньютона, даже самый необычайный успех не дает впоследствии никакой гарантии, что кризис можно отсрочить на неопределенное время. Сегодня исследователи в различных областях философии, психологии, лингвистики и даже истории искусства полностью сходятся в том, что традиционная парадигма так или иначе деформирована. Эта недостаточная пригодность парадигмы также во все большей степени обнаруживается историческим изучением науки, на которое главным образом направлено здесь все наше внимание.

Ни один из указанных факторов, содействующих развитию кризиса, не создал до сих пор жизнеспособной альтернативы к традиционной эпистемологической парадигме, но они постепенно наводят на мысль, какими должны быть некоторые из характеристик будущей парадигмы. Например, я остро осознаю трудности, порождаемые утверждением, что когда Аристотель и Галилей рассматривали колебания камней, то первый видел сдерживаемое цепочкой падение, а второй – маятник. Те же самые трудности представлены, даже в более фундаментальной форме, во вступительной части этого

раздела: хотя мир не изменяется с изменением парадигмы, ученый после этого изменения работает в ином мире. Тем не менее я убежден, что мы должны учиться осмысливать высказывания, которые по крайней мере сходны с этими. То, что случается в период научной революции, не может быть сведено полностью к новой интерпретации отдельных и неизменных фактов. Во-первых, эти факты нельзя без всяких оговорок считать неизменными. Маятник не является падающим камнем, а кислород не есть дефлогистированный воздух. Следовательно, данные, которые ученый собирает из разнообразных объектов, сами по себе, как мы увидим вскоре, различны. Еще более важно, что процесс, посредством которого или индивид или сообщество совершает в своем образе мыслей переход от сдерживаемого цепочкой падения к колебанию маятника или от дефлогистированного воздуха к кислороду, ничем не напоминает интерпретацию. Как можно было бы ее осуществить, если ученый не имеет твердо установленных данных для того, чтобы интерпретировать? Ученый, принимающий новую парадигму, выступает скорее не в роли интерпретатора, а как человек, смотрящий через линзу, переворачивающую изображение. Сопоставляя, как и прежде, одни и те же совокупности объектов и зная, что он поступает именно так, ученый тем не менее обнаруживает, что они оказались преобразованными во многих своих деталях.

Ни одно из этих замечаний не нацелено на то, чтобы показать, что ученые не интерпретируют данные каждый по-своему. Наоборот, Галилей интерпретировал наблюдения над маятником, Аристотель – над падающими камнями, Мушенбрук – над полем заряженной банки, а Франклин – над конденсатором. Но каждая из этих интерпретаций предполагала наличие парадигмы. Эти интерпретации составляли элементы нормальной науки, то есть предприятия, которое, как мы уже видели, нацелено на усовершенствование, расширение и разработку уже существующей парадигмы. В III разделе приводилось много примеров, в которых интерпретация играла центральную роль. Эти примеры типичны для подавляющей части исследований. И в каждом

из них ученый благодаря принятой парадигме знал, какие имелись данные, какие инструменты могли быть использованы для их обработки и какие понятия соответствуют их интерпретации. Если дана парадигма, то интерпретация данных является основным элементом научной дисциплины, которая занимается их исследованием.

Но интерпретация – это и было основной темой предшествующего раздела – может только разработать парадигму, но не исправить ее. Парадигмы вообще не могут быть исправлены в рамках нормальной науки. Вместо этого, как мы уже видели, нормальная наука в конце концов приводит только к осознанию аномалий и к кризисам. А последние разрешаются не в результате размышления и интерпретации, а благодаря в какой-то степени неожиданному и неструктурному событию, подобному переключению гештальта. После этого события ученые часто говорят о "пелене, спавшей с глаз", или об "озарении", которое освещает ранее запутанную головоломку, тем самым приспосабливая ее компоненты к тому, чтобы увидеть их в новом ракурсе, впервые позволяющем достигнуть ее решения. Бывает и так, что соответствующее озарение приходит во время сна13. Ни в одном обычном смысле термин "интерпретация" не пригоден для того, чтобы выразить такие проблески интуиции, благодаря которым рождается новая парадигма. Хотя эти интуитивные догадки зависят от опыта (как аномального, так и согласующегося с существующими теориями), достигнутого с помощью старой парадигмы, они не являются логически или даже фрагментарно связанными с каждым отдельно взятым элементом этого опыта, что должно было бы иметь место при интерпретации, а вместо этого они суммируют большие части опыта и преобразуют их в другой, весьма отличный опыт, который с этого

[13] J.Hadamard. Subconscient intuition, et logique dans la recherche scientifique (Confйrence faite au Palais de la Dйcouverte le 8 Dйcembre 1945 [Alenson, n. d.], p. 7-8). Гораздо более полное рассмотрение, хотя исключительно ограниченное математическими нововведениями, см. у того же автора: "The Psychology of Invention in the Mathematical Field". Princeton, 1949

времени будет соединен в своих деталях уже не со старой, а с новой парадигмой.

Чтобы больше узнать о том, какими могут быть эти различия в опыте, нужно вернуться к Аристотелю, Галилею и вопросу о маятнике. Какие данные делали взаимодействие их различных парадигм и их общей среды доступным каждому из них? Рассматривая сдерживаемое цепочкой падение, аристотелианцы должны были измерять (или по крайней мере обсуждать – аристотелианцы редко измеряли) вес камня, высоту его вертикального падения и время, требующееся ему, чтобы достичь состояния равновесия. Эти понятия вместе с представлением о сопротивлении среды были концептуальными категориями, рассмотренными аристотелевской наукой при анализе падающего тела14. Нормальное исследование, направляемое ими, не могло создать законы, которые открыл Галилей. Оно могло лишь привести и привело, хотя и другим путем, к серии кризисов, из которых возникло представление Галилея о колебании камня. В результате этих кризисов и других интеллектуальных изменений, помимо этого, Галилей увидел качание камня совершенно иным образом. Работы Архимеда о плавании тел позволили считать среду несущественным фактором; теория побуждения представила движение симметричным и непрерывным. А неоплатонизм направил внимание Галилея на фактор движения по окружности[15]. Поэтому он измерял только вес, радиус, угловое смещение и период колебаний, которые были заданы точно, так что их можно было истолковать таким образом, что в результате получились законы Галилея для маятника. В данном случае интерпретация оказалась почти излишней. Если принимались парадигмы Галилея, то закономерности, подобные закономерностям колебания маятника, были почти доступны для проверки. В самом деле, как иначе

[14] T.S.Kuhn. A Function for Thought Experiments, in: "Melanges Alexandre Koyre", ed. R.Taton and I.B.Cohen. Hermann, Paris, 1964

[15] A.Koyre. Etudes Galileennes. Paris, 1939, I, p. 46-51; и "Galileo and Plato". – "Journal of the History of Ideas", IV, 1943, p. 400-428.

мы объясним открытие Галилея, что период колебания гири маятника совершенно независим от амплитуды, – открытие, которое нормальная наука, начиная с Галилея, вынуждена была вырвать с корнем и которое сейчас мы совершенно не можем документально подтвердить. Закономерности, которые не могли существовать для аристотелианцев (и которые фактически никогда точно не подкреплялись наблюдением), были для человека, наблюдающего за качанием камня, как это делал Галилей, выводами из непосредственного опыта.

Возможно, этот пример слишком фантастичен, так как аристотелианцы не записывали никаких обсуждений о колебаниях грузов. Для их парадигмы это было чрезвычайно сложное явление. Но аристотелианцы действительно обсуждали более простой случай свободного падения груза, и при этом явно обнаруживаются те же самые отличия в видении. Размышляя над падением камня, Аристотель видел изменение его состояния, а не процесс. Он измерял движение поэтому общим пройденным расстоянием и общим временем движения, параметрами, которые определяют то, что мы сегодня могли бы назвать не скоростью, а средней скоростью16. Подобным же образом, в силу того что камень направлялся своей природой к достижению конечного пункта покоя, Аристотель считал главным параметром для любого момента движения расстояние до конечной точки, а не расстояние от начала движения17. Эти концептуальные параметры лежат в основании и определяют смысл большинства его хорошо известных "законов движения". Однако частично с помощью парадигмы побуждающей силы, частично посредством концепции, известной как доктрина множественности форм, схоластическая критика отошла от подобного способа рассмотрения движения. Камень, который движется под действием побуждающей силы, накапливает ее все больше и больше по мере того, как

[16] T.S.Kuhn. A Function for Thought Experiments, in: "Mйlanges Alexandre Koyrй", ed. R.Taton and I.B.Cohen. Hermann, Paris, 1964.

[17] A.Koyre. Etudes Galilйennes. Paris, 1939, I, p. 46-51; и "Galileo and Plato". – "Journal of the History of Ideas", IV, 1943, p. 400-428.

он отдаляется от исходного пункта; следовательно, соответствующим параметром становится расстояние от начала, а не расстояние до конца движения. Кроме того, аристотелевское понятие скорости было расщеплено схоластами на понятия, которые вскоре после Галилея стали соответствовать нашим понятиям средней скорости и мгновенной скорости. Но когда мы смотрим через призму парадигмы, элементами которой являлись эти понятия, то в падении камня, подобно колебанию маятника, непосредственным образом обнаруживаются законы, им управляющие. Галилей не был одним из первых, кто предположил, что камни падают с постоянным ускорением[18]. Кроме того, он доказал свою теорему, относящуюся к этому вопросу вместе со многими ее следствиями до своих экспериментов на наклонной плоскости. Эта теорема была еще одной теоремой в структуре новых закономерностей, доступных гению в мире, который определялся совместно природой и парадигмами и в котором Галилей и его последователи были воспитаны. Живя в этом мире, Галилей мог бы тем не менее в случае необходимости объяснить, почему Аристотель видел мир именно так, как он его видел. Однако непосредственное содержание опытов Галилея с падающими камнями было совсем не таким, как у Аристотеля.

Конечно, из этого ни в коем случае не следует, что мы заинтересованы в "непосредственном опыте", то есть в характерных чертах восприятия, которые парадигма так явно выдвигает на первый план, что они непосредственным образом обнаруживают свои закономерности. Характерные черты восприятия должны, очевидно, изменяться с принятием ученым определенных обязательств по отношению к парадигме, но эти черты далеко не такие, какие мы обычно имеем в виду, когда говорим о необработанных данных или о непосредственном чувственном опыте, с которых полагается начинать научное исследование. Возможно, непосредственный опыт следовало бы оставить в стороне как таинственный флюид и вместо этого обсуждать кон-

[18] Clagett. Op. cit., chaps. IV, VI and IX.

кретные операции и измерения, которые ученый выполняет в своей лаборатории. Или, может быть, анализ следует распространить на область, еще более далекую от непосредственных данных. Например, он может быть осуществлен в терминах некоторого нейтрального языка наблюдения, языка, вероятно предназначенного привести в соответствие с изображением на сетчатке глаза ту среду, которую видит ученый. Только на одном из этих путей мы можем надеяться восстановить область, где опыт вновь приобретает устойчивость раз и навсегда – где колебания маятника и сдерживаемое падение будут не различными восприятиями, а, скорее, различными интерпретациями несомненных данных, полученных на основе наблюдения качающегося камня.

Но является ли чувственный опыт постоянным и нейтральным? Являются ли теории просто результатом интерпретации человеком полученных данных? Эпистемологическая точка зрения, которой чаще всего руководствовалась западная философия в течение трех столетий, утверждает сразу же и недвусмысленно – да! За неимением сколько-нибудь развитой альтернативы я считаю невозможным полностью отказаться от этой точки зрения. Но она больше не функционирует эффективно, а попытки улучшить ее путем введения нейтрального языка наблюдения в настоящее время кажутся мне безнадежными.

Операции и измерения, которые ученый предпринимает в лаборатории, не являются "готовыми данными" опыта, но скорее данными, "собранными с большим трудом". Они не являются тем, что ученый видит, по крайней мере до того, как его исследование даст первые плоды и его внимание сосредоточится на них. Скорее они являются конкретными указаниями на содержание более элементарных восприятий, и как таковые они отобраны для тщательного анализа в русле нормального исследования только потому, что обещают богатые возможности для успешной разработки принятой парадигмы. Операции и измерения детерминированы парадигмой намного более явно, нежели непосредственный опыт, из которого они частично

происходят. Наука не имеет дела со всеми возможными лабораторными операциями. Вместо этого она отбирает операции, уместные с точки зрения сопоставления парадигмы с непосредственным опытом, который эта парадигма частично определяет. В результате с помощью различных парадигм ученые занимаются конкретными лабораторными операциями. Измерения, которые должны быть выполнены в эксперименте с маятником, не соответствуют измерениям в случае сдерживаемого падения. Таким же образом операции, пригодные для выявления свойств кислорода, не одинаковы с операциями, использовавшимися при исследовании характеристик дефлогистированного воздуха.

Что касается языка чистого наблюдения, то, возможно, он будет еще создан. Но спустя три столетия после Декарта наши упования на такую возможность все еще зависят исключительно от теории восприятия и разума. А современная психологическая экспериментальная деятельность быстро умножает явления, с которыми такая теория едва ли может справиться. Эксперименты с уткой и кроликом показывают, что два человека при одном и том же изображении на сетчатке глаза могут видеть различные вещи; линзы, переворачивающие изображение, свидетельствуют, что два человека при различном изображении на сетчатке глаза могут видеть одну и ту же вещь. Психология дает множество других очевидных фактов подобного эффекта, и сомнения, которые следуют из этого, легко усиливаются историей попыток представить фактический язык наблюдения. Ни одна современная попытка достичь такого финала до сих пор не подвела даже близко к всеобщему языку чистых восприятий. Те же попытки, которые подвели ближе всех других к этой цели, имеют одну общую характеристику, которая значительно подкрепляет основные тезисы нашего очерка. Они с самого начала предполагают наличие парадигмы, взятой либо из данной научной теории, либо из фрагментарных рассуждений с позиций здравого смысла, а затем пытаются элиминировать из парадигмы все нелогические и неперцептуальные термины. В некоторых областях обсуждения эти усилия привели к да-

леко идущим и многообещающим результатом. Не может быть никакого сомнения, что усилия такого рода заслуживают продолжения. Но их результатом оказывается язык, который, подобно языкам, используемым в науках, включает множество предположений относительно природы и отказывается функционировать в тот момент, когда эти предположения не оправдываются. Нельсон Гудмен точно указывает этот момент, когда описывает задачи своей работы "Структура явления": "Это счастье, что нечего кроме явлений, существование которых известно больше выяснять, ибо понятие "возможных" случаев, которые еще не существуют, но могут существовать, далеко не ясно"19. Ни один язык, ограничивающийся подобным описанием мира, известного исчерпывающе и заранее, не может дать нейтрального и объективного описания "данного". Философские исследования к тому же не дают даже намека на то, каким должен быть язык, способный на что-либо подобное.

В такой ситуации мы по крайней мере можем предположить, что ученые правы в принципе, как и на практике, когда истолковывают кислород и маятники (а, возможно, также атомы и электроны) как фундаментальные ингредиенты их непосредственного опыта. В результате мир ученого, представляющий собой воплощенный в парадигме опыт расы, культурной группы и, наконец, профессии, должен быть заполнен планетами и маятниками, конденсаторами, сложными рудами и другими подобными объектами. В сравнении

[19] N.Goodman. The Structure of Appearance. Cambridge, Mass., 1951, p. 4-5. Это место стоит привести более полно: "Если все те и только те постоянные жители Уилмингтона в 1947 году, которые весили от 175 до 180 фунтов, имели рыжие волосы, тогда "рыжеволосые постоянные жители Уилмингтона в 1947 году" и "постоянные жители Уилмингтона, весящие от 175 до 180 фунтов в 1947 году", могут быть объединены в конструктивном определении... Вопрос о том, "может ли быть" такой субъект, которому можно приписать один, а не другой предикат, не имеет никакого значения... раз мы определили, что не может быть таких людей... Это счастье, что нечего больше выяснять, ибо понятие "возможных" случаев, которые еще не существуют, но могут существовать, далеко не ясно".

с этими объектами восприятия чтение показаний стрелки измерительного прибора и изображения на сетчатке глаза являются тщательно разработанными конструкциями, к которым опыт имеет непосредственное отношение только тогда, когда ученый для специальных целей своего исследования приспосабливает что-то так, как оно должно быть в том или другом случае. Не следует полагать, что когда ученый наблюдает за качающимся камнем, то единственное, что он видит, так это маятник. (Мы уже отмечали, что члены иного научного сообщества могли видеть сдерживаемое падение.) Однако следует полагать, что ученый, смотрящий на качающийся камень, может не иметь опыта, который в принципе более элементарен, чем восприятие колебания маятника. Другая возможность состоит не в некотором гипотетически "закрепленном" восприятии, а в восприятии с помощью другой парадигмы, которая что-то дополняет к восприятию качающегося камня.

Все это может выглядеть более обоснованным, если мы снова вспомним, что ни ученый, ни дилетант не приучены видеть мир по частям или пункт за пунктом. Исключая случаи, когда все концептуальные и операциональные категории подготовлены заранее (например, для открытия еще одного трансуранового элемента или для того, чтобы увидеть новый дом), и ученый и дилетант выделяют целые области из потока опыта. Ребенок, который переносит слово "мама" со всех людей на всех женщин, а затем на свою мать, также не просто узнает, что означает слово "мама" или кем является его мать. В это же самое время он усваивает и некоторые различия между мужчинами и женщинами, а также манеру поведения по отношению к нему, характерную только для одной женщины из всех. Его реакции, ожидания и убеждения (большая часть его восприятия мира) изменяются соответственно. По той же причине коперниканцы, которые отказались от традиционного обозначения солнца "планетой", не только получили знание того, что охватывается словом "планета" или чем является солнце. Взамен они изменили значение слова "планета" так, что оно смогло по-прежнему содействовать полезным различениям в мире, где

все небесные тела, не только солнце, воспринимались по-иному, нежели они казались до этого. Такой взгляд можно было бы отстаивать относительно любого ранее приведенного нами примера. Видеть кислород вместо дефлогистированного воздуха, конденсатор вместо лейденской банки или маятник вместо сдерживаемого падения – это только одна часть в общем сдвиге научного видения великого множества рассмотренных химических, электрических или динамических явлений. Парадигмы определяют большие области опыта одновременно.

Однако этот поиск операционального определения или чистого языка наблюдений можно начать лишь после того, как опыт будет таким образом детерминирован. Ученый или философ, который спрашивает, какие измерения или изображения на сетчатке глаза делают маятник тем, чем он есть, должен уже уметь распознать маятник, когда увидит его. Если он увидел вместо этого сдерживаемое цепочкой падение, то такой вопрос даже не может быть им поставлен. А если он увидел маятник в том же самом виде, в каком он видел камертон или колеблющиеся весы, то на его вопрос нельзя ответить. По крайней мере на него нельзя ответить тем же самым способом, потому что в таком случае это не будет ответом именно на поставленный вопрос. Следовательно, вопросы об изображении на сетчатке или о последовательности специальных лабораторных операций, хотя они всегда правильны, а иногда и чрезвычайно плодотворны, предполагают мир уже определенным способом расчлененным перцептуально и концептуально. В некотором смысле такие вопросы являются элементами нормальной науки, ибо они зависят от существования парадигмы и предполагают различные ответы в результате изменения парадигмы.

Чтобы закончить этот раздел, оставим в стороне рассмотрение изображения на сетчатке глаза и снова ограничим внимание лабораторными операциями, которые обеспечивают ученого хотя и фрагментарными, но зато конкретными указаниями на то, что он уже видел. Один из способов, которым лабораторные опера-

ции изменяются с помощью парадигм, уже рассматривался неоднократно. После научной революции множество старых измерений и операций становится нецелесообразными и заменяются соответственно другими. Нельзя применять одни и те же проверочные операции как к кислороду, так и к дефлогистированному воздуху. Но изменения подобного рода никогда не бывают всеобщими. Что бы ученый после революции ни увидел, он все еще смотрит на тот же самый мир. Более того, значительная часть языкового аппарата, как и большая часть лабораторных инструментов, все еще остаются такими же, какими они были до научной революции, хотя ученый может начать использовать их по-новому. В результате наука после периода революции всегда включает множество тех же самых операций, осуществляемых теми же самыми инструментами, и описывает объекты в тех же самых терминах, как и в дореволюционный период. Если все эти устойчивые манипуляции вообще подвергаются изменению, то оно должно касаться либо их отношения к парадигме, либо конкретных результатов. Теперь я считаю на основе последнего примера, который я привожу ниже, что имеют место оба вида изменений. Рассматривая работу Дальтона и его современников, мы увидим, что одна и та же операция, когда она применяется к природе через другую парадигму, может свидетельствовать совершенно о другой стороне закономерности природы. Кроме того, мы увидим, что изредка старая манипуляция, выступая в новой роли, даст другие конкретные результаты.

В течение большей части XVIII века и в XIX веке европейские химики почти все верили, что элементарные атомы, из которых состоят все химические вещества, удерживаются вместе силами взаимного сродства. Так, кусок серебра составляет единство в силу сродства между частицами серебра (до периода после Лавуазье эти частицы мыслились как составленные из еще более элементарных частиц). По этой же теории серебро растворяется в кислоте (или соль – в воде) потому, что частицы кислоты притягивают частицы серебра (или частицы воды притягивают частицы соли)

более сильно, нежели частицы этих растворяемых веществ притягиваются друг к другу. Или другой пример. Медь должна растворяться в растворе серебра с выпадением серебра в осадок, потому что сродство между кислотой и медью более сильное, чем сродство кислоты и серебра. Множество других явлений было истолковано тем же самым способом. В XVIII веке теория избирательного сродства была превосходной химической парадигмой, широко и иногда успешно используемой при постановке химических экспериментов и анализе их результатов20.

Однако теория сродства резко отличала физические смеси от химических соединений, причем производила это способом, который сделался необычным после признания работ Дальтона. Химики XVIII века признавали два вида процессов. Когда смешивание вызывало выделение тепла, света, пузырьков газа или какие-либо подобные эффекты, то в этом случае считалось, что происходит химическое соединение. Если, с другой стороны, частицы в смеси можно было различить визуально или отделить механически, то это было лишь физическое смешивание. Но в огромном числе промежуточных случаев (растворение соли в воде, сплавы, стекло, кислород в атмосфере и так далее) столь грубые критерии приносили мало пользы. Руководимые своей парадигмой, большинство химиков рассматривали весь этот промежуточный ряд как химический, потому что процессы, свойственные ему, целиком управлялись силами одного и того же типа. Растворение соли в воде, кислорода в азоте как раз давали такой же пример химического соединения, как и соединение, образованное в результате окисления меди. Аргументация в пользу того, чтобы рассматривать растворы как химические соединения, была очень веской. Теория сродства в свою очередь хорошо подтверждалась. Кроме того, образование соединений объяснялось наблюдаемой гомогенностью раствора. Например, если кислород и азот были только смесью, а не соединены в атмо-

20 H.Metzger. Newton, Stahl, Boerhaave et la doctrine chimique. Paris, 1930, p. 34-68.

сфере, тогда более тяжелый газ, кислород, должен был опускаться на дно. Дальтон, который считал атмосферу смесью, никогда не мог удовлетворительно объяснить тот факт, что кислород ведет себя иначе. Восприятие его атомистической теории в конце концов породило аномалию там, где ее до того не было21.

Невольно хочется сказать, что отличие взглядов химиков, которые рассматривали растворы как соединения, от взглядов их преемников касалось только определений. В одном отношении дело могло обстоять именно таким образом. Но это справедливо не в том смысле, что делает определения просто конвенционально удобными. В XVIII веке химики не могли в полной мере отличить с помощью операциональных проверок смеси от соединений, возможно, их и нельзя было отличить на тогдашнем уровне развития науки. Даже если химики прибегали к таким проверкам, они должны были искать критерий, который позволил бы рассматривать такой раствор как соединение. Различение смеси и раствора составляло элемент их парадигмы – элемент того способа, которым химики рассматривали всю область исследования, – и в этом качестве он обладал приоритетом по отношению к любому отдельно взятому лабораторному эксперименту, хотя и не по отношению к накопленному опыту химии в целом.

Но поскольку химия рассматривалась под таким углом зрения, химические явления стали примерами законов, отличных от тех, которые возникли с принятием новой парадигмы Дальтона. В частности, пока растворы рассматривались как соединения, никакие химические эксперименты, сколько бы их ни ставили, не могли сами по себе привести к закону кратных отношений. В конце XVIII века было широко известно, что некоторые соединения, как правило, характеризовались кратными весовыми отношениями своих компонентов. Для некоторых категорий реакций немецкий

21 Ibid., p. 124-129, 139-148. О Дальтоне см.: L.K.Nash. The Atomic-Molecular Theory ("Harvard Case Histories in Experimental Science", Case 4). Cambridge, Mass., 1950, p. 14-21.

химик Рихтер получил даже дополнительные закономерности, в настоящее время включаемые в закон химических эквивалентов22. Но ни один химик не использовал эти закономерности, если не считать рецепты, и ни один из них почти до конца века не подумал о том, чтобы обобщить их. Если и наблюдались очевидные контрпримеры, подобно стеклу или растворению соли в воде, то все же ни одно обобщение не было возможно без отказа от теории сродства и без перестройки концептуальных границ области химических явлений. Такое заключение стало неизбежным к самому концу столетия после знаменитой дискуссии между французскими химиками Прустом и Бертолле. Первый заявлял, что все химические реакции совершались в постоянных пропорциях, а второй отрицал это. Каждый подобрал внушительное экспериментальное подтверждение для своей точки зрения. Тем не менее два ученых спорили друг с другом, хотя результаты их дискуссии были совершенно неубедительны. Там, где Бертолле видел соединение, которое могло менять пропорции входящих в него компонентов, Пруст видел только физическую смесь[23]. Этот вопрос невозможно было удовлетворительно решить ни экспериментом, ни изменением конвенционального определения. Два исследователя столь же фундаментально расходились друг с другом, как Галилей и Аристотель.

Такова была ситуация в те годы, когда Дальтон предпринял исследование, которое в конце концов привело его к знаменитой атомистической теории в химии. Но до самых последних стадий этих исследований Дальтон не был химиком и не интересовался химией. Он был метеорологом, интересующимся (для себя) физическими проблемами абсорбции газов в воде и воды в атмосфере. Частью потому, что его навыки были приобретены для другой специальности, а частично благодаря работе по своей специальности он

[22] J.R.Partington. A Short History of Chemistry. 2d ed. London, 1951, p. 161-163.

[23] A.N.Meldrum. The Development of the Atomic Theory: (1) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions.

подходил к этим проблемам с точки зрения парадигмы, отличающейся от парадигмы современных ему химиков. В частности, он рассматривал смесь газов или поглощение газов в воде как физический процесс, в котором виды сродства не играли никакой роли. Поэтому для Дальтона наблюдаемая гомогенность растворов была проблемой, но проблемой, которую, как он полагал, можно решить, если будет возможность определить относительные объемы и веса различных атомных частиц в его экспериментальной смеси. Требовалось определить эти размеры и веса. Но данная задача заставила Дальтона в конце концов обратиться к химии, подсказав ему с самого начала предположение, что в некотором ограниченном ряде реакций, рассматриваемых как химические, атомы могут комбинироваться только в отношении один к одному или в некоторой другой простой, целочисленной пропорции24. Это естественное предположение помогло ему определить размеры и веса элементарных частиц, но зато превратило закон постоянства отношений в тавтологию. Для Дальтона любая реакция, компоненты которой не подчинялись кратным отношениям, не была еще ipso facto* чисто химическим процессом. Закон, который нельзя было установить экспериментально до работы Дальтона, с признанием этой работы становится конститутивным принципом, в силу которого ни один ряд химических измерений не может быть нарушен. После работ Дальтона те же, что и раньше, химические эксперименты стали основой для совершенно иных обобщений. Это событие может служить для нас едва ли не лучшим из типичных примеров научной революции.

Излишне говорить, что выводы Дальтона повсеместно подверглись нападкам, когда были впервые представлены на обсуждение. В частности, Бертолле так никогда и не удалось в этом убедить. Причем если смотреть в корень данного вопроса, то следует

[24] J.R.Partington. A Short History of Chemistry. 2d ed. London, 1951, p. 161-163.

признать, что Бертолле и не нуждался в этом. Но для большинства химиков новая парадигма Дальтона оказалась убедительной там, где парадигма Пруста была уязвимой, ибо она давала выводы, намного более емкие и более значительные, чем если бы она была просто новым критерием для различения смеси и соединения. Например, если атомы могли соединяться химически только в простых целочисленных пропорциях, то пересмотр существующих химических данных должен был выявить примеры как кратных, так и постоянных соотношений. Химики перестали писать, что двуокись, скажем, углерода содержит 56% и 72% веса кислорода. Вместо этого они стали писать, что одна весовая часть углерода соединяется или с 1,3, или с 2,6 весовыми частями кислорода. Когда результаты старых лабораторных операций были записаны таким способом, отношение стало самоочевидным; то же самое наблюдалось при анализе многих хорошо известных реакций и, кроме того, многих новых. Добавим к этому, что парадигма Дальтона сделала возможным уяснение работы Рихтера и признание общего характера ее выводов. К тому же она навела на мысль поставить новые эксперименты, в частности эксперименты Гей-Люссака, касающиеся объема соединяющихся газов, а они в свою очередь обнаружили другие закономерности, о которых химики ранее и не помышляли. Химики взяли у Дальтона не новые экспериментальные законы, а новый способ проведения химических исследований (сам Дальтон называл это "новой системой философии химии"), и способ этот оказался настолько плодотворным, что только небольшое число химиков старшего поколения во Франции и Англии были способны сопротивляться ему25. В результате химики стали работать в новом мире, где реакции происходили совершенно иначе, нежели раньше.

Так как этот процесс продолжался, возникли и другие характерные и очень важные изменения. Здесь и

[25] A.N.Meldrum. The Development of the Atomic Theory: (1) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions. "Manchester Memoirs", LIV, 1910, p. 1-16.

там стали обновляться сами количественные данные. Когда Дальтон впервые анализировал литературу по химии в поисках данных для обоснования своей физической теории, он обнаружил несколько пригодных записей реакций, однако едва ли вероятно, что он не встретился с другими записями, которые были для него непригодны. Собственные измерения Пруста, касающиеся реакций с двуокисью меди, например, показали, что весовое отношение кислорода в них составляет , а не , как требовала атомистическая теория; Пруст был как раз тем исследователем, от которого можно было ожидать нахождения тех пропорций, которые открыл Дальтон26. Другими словами, он был прекрасным экспериментатором, и его точка зрения на отношение между смесями и соединениями близка к точке зрения Дальтона. Но не так легко заставить природу удовлетворять требования соответствующей парадигмы. Вот почему головоломки нормальной науки столь завлекательны, а измерения, предпринимаемые без парадигмы, так редко приводят к каким-либо результатам вообще. Поэтому химики не могли просто принять теорию Дальтона как очевидную, ибо много фактов в то время говорило отнюдь не в ее пользу. Больше того, даже после принятия теории они должны были биться с природой, стремясь согласовать ее с теорией, и это движение по инерции в известной степени захватило даже следующее поколение химиков. Когда это случилось, даже процентный состав хорошо известных соединений оказался иным. Данные сами изменились. Это последнее, что мы имеем в виду, когда говорим, что после революции ученые работают в другом мире.

XI

НЕРАЗЛИЧИМОСТЬ РЕВОЛЮЦИЙ

Мы должны рассмотреть еще вопрос о том, как заканчиваются научные революции. Однако прежде, чем перейти к этому, необходимо укрепить уверенность в их существовании и понимании их природы. Я старался подробно раскрыть сущность революций в науке на иллюстрациях, и примеры можно было бы умножить ad nauseam.* Но, очевидно, многие из них, которые были сознательно отобраны в силу их общеизвестности, обычно рассматривались не как революции, а как дополнения к существующему уже научному знанию. Таким же образом могут рассматриваться и любые другие иллюстрации, которые поэтому были бы неэффективными. Я предполагаю, что есть в высшей степени веские основания, в силу которых революции оказываются почти невидимыми. И ученый и дилетант заимствуют множество своих представлений о творческой научной деятельности из авторитетного источника, который систематически маскирует (отчасти в силу важных функциональных оснований) существование и значение научных революций. Только когда природа этого авторитета осознана и подвергнута анализу, можно надеяться сделать исторический пример в полной мере эффективным. Кроме того, хотя эта точка зрения может быть полностью развита только в заключительном разделе моего очерка, необходимо указать на один из аспектов научной работы, который наиболее четко отличает ее от любых других творческих изысканий, за исключением, возможно, теологии. С этого и начнем свой анализ.

Говоря об источнике авторитета, я имею в виду главным образом учебники по различным областям знания, а также популярные и философские работы, основывающиеся на них. До недавнего времени ни один другой значительный источник информации о достижениях науки

не был доступен, исключая саму практику научного исследования. Все эти три категории информации имеют нечто общее. Они обращены к уже разработанной структуре проблем, данных и теории. Чаще всего они обращены к частной системе парадигм, с которыми научное сообщество связывает себя к тому времени, когда парадигмы уже изложены. Цель учебников заключается в обучении словарю и синтаксису современного научного языка. Популярная литература стремится описать те же самые приложения посредством языка, более близкого к языку повседневной жизни. А философия науки, в особенности в мире, говорящем на английском языке, анализирует логическую структуру того же самого законченного знания. Хотя более всесторонний подход затронул бы весьма реальные различия между тремя указанными источниками информации, для нас значительно интереснее рассмотреть здесь их сходство. Все три вида информации описывают установившиеся достижения прошлых революций и таким образом раскрывают основу современной традиции нормальной науки. Для выполнения своей функции они не нуждаются в достоверных сведениях о том способе, которым эти основания были впервые найдены и затем приняты учеными-профессионалами. Поэтому по крайней мере учебники отличаются особенностями, которые будут постоянно дезориентировать читателей.

Мы отмечали во II разделе, что возрастание доверия к учебникам или к тем книгам, которые их заменяют, было постоянным фактором, сопутствующим появлению первой парадигмы в любой сфере науки. В последнем разделе настоящего очерка будет утверждаться, что преимущество зрелой науки, которое она получает благодаря таким учебникам, значительно отличает модель ее развития от модели развития других областей культуры. Предположим как само собой разумеющееся, что знания о науке и любителя и специалиста основываются – как ни в одной другой области – на учебниках и некоторых других видах литературы, примыкающих к ним. Однако учебники, будучи педагогическим средством для увековечения нормальной науки, должны переписываться целиком или частично всякий раз, когда язык,

структура проблем или стандарты нормальной науки изменяются после каждой научной революции. И как только эта процедура перекраивания учебников завершается, она неизбежно маскирует не только роль, но даже существование революций, благодаря которым они увидели свет. Если человек сам не испытал в своей жизни революционного изменения научного знания, то его историческое понимание, будь он ученым или непрофессиональным читателем учебной литературы, распространяется только на итог самой последней революции, разразившейся в данной научной дисциплине.

Таким образом, учебники начинают с того, что сужают ощущение ученым истории данной дисциплины, а затем подсовывают суррогаты вместо образовавшихся пустот. Характерно, что научные учебники включают лишь небольшую часть истории – или в предисловии, или, что более часто, в разбросанных сносках о великих личностях прежних веков. С помощью таких ссылок и студенты и ученые-профессионалы чувствуют себя причастными к истории. Однако та историческая традиция, которая извлекается из учебников и к которой таким образом приобщаются ученые, фактически никогда не существовала. По причинам, которые и очевидны, и в значительной степени определяются самим назначением учебников, последние (а также большое число старых работ по истории науки) отсылают только к той части работ ученых прошлого, которую можно легко воспринять как вклад в постановку и решение проблем, соответствующих принятой в данном учебнике парадигме. Частью вследствие отбора материала, а частью вследствие его искажения ученые прошлого безоговорочно изображаются как ученые, работавшие над тем же самым кругом постоянных проблем и с тем же самым набором канонов, за которыми последняя революция в научной теории и методе закрепила прерогативы научности. Не удивительно, что учебники и историческая традиция, которую они содержат, должны переписываться заново после каждой научной революции. И не удивительно, что, как только они переписываются, наука в новом изложении каждый раз приобретает в значительной степени внешние признаки кумулятивности.

Конечно, ученые не составляют единственной группы, которая стремится рассматривать предшествующее развитие своей дисциплины как линейно направленное к ее нынешним высотам. Искушение переписать историю ретроспективно всегда было повсеместным и непреодолимым. Но ученые более подвержены искушению переиначивать историю, частично потому, что результаты научного исследования не обнаруживают никакой очевидной зависимости от исторического контекста рассматриваемого вопроса, а частью потому, что, исключая период кризиса и революции, позиция ученого кажется незыблемой. Бульшая детализация исторических фактов (независимо от того, берется ли наука настоящего периода или прошлого) и тем самым бульшая ответственность перед историческими подробностями, излагаемыми в литературе, могут придать только искусственный статус индивидуальному стилю в работе, заблуждениям и путанице. Спрашивается, зачем возводить в достоинство то, что превосходным и самым настойчивым усилием науки отброшено? Недооценка исторического факта глубоко и, вероятно, функционально прочно укоренилась в идеологии науки как профессии, такой профессии, которая ставит выше всего ценность фактических подробностей другого (неисторического) вида. Уайтхед хорошо уловил неисторический дух научного сообщества, когда писал: "Наука, которая не решается забыть своих основателей, погибла". Тем не менее он был не совсем прав, ибо наука, подобно другим предприятиям, нуждается в своих героях и хранит их имена. К счастью, вместо того чтобы забывать своих героев, ученые всегда имеют возможность забыть (или пересмотреть) их работы.

В результате появляется настойчивая тенденция представить историю науки в линейном и кумулятивном виде – тенденция, которая оказывает влияние на взгляды ученых даже и в тех случаях, когда они оглядываются назад на свои собственные исследования. Например, все три несовместимых сообщения Дальтона относительно развития им атомистической химической теории создают впечатление, будто бы он интересовался из своих ранее полученных данных лишь теми химическими проблемами пропорций соединения, которые позднее были им пре-

красно решены и сделали его знаменитым. В действительности же, по-видимому, он формулировал эти проблемы лишь тогда, когда находил их решения, иными словами тогда, когда его творческая работа была почти полностью завершена1. То, что все дальтоновские описания упустили из виду, было революционное по своему значению воздействие приложения к химии ряда проблем и понятий, которые использовались ранее в физике и метеорологии. Именно это и сделал Дальтон, а результатом явилась переориентация области; переориентация, которая научила химиков ставить новые вопросы и получать новые выводы из старых данных.

Или другой пример. Ньютон писал, что Галилей открыл закон, в соответствии с которым постоянная сила тяготения вызывает движение, скорость которого пропорциональна квадрату времени. Фактически кинематическая теорема Галилея принимает такую форму, когда попадает в матрицу динамических понятий Ньютона. Но Галилей ничего подобного не говорил. Его рассмотрение падения тел редко касается сил и тем более постоянной гравитационной силы, которая является причиной падения тел[2]. Приписав Галилею ответ на вопрос, который парадигма Галилея не позволяла даже поставить, ньютоновское описание скрыло воздействие небольшой, но революционной переформулировки в вопросах, которые ученые ставили относительно движения, так же как и в ответах, которые они считали возможным принять. Но это как раз составляет тот тип изменения в формулировании вопросов и ответов, который объясняет (намного лучше, чем новые эмпирические открытия) переход от Аристотеля к Галилею и от Галилея к динамике Ньютона. Замалчивая такие изменения и стремясь представить развитие науки линейно, учебник скрывает процесс, который лежит у истоков большинства значительных событий в развитии науки.

1 L.K.Nash. The Origins of Dalton's Chemical Atomic Theory. "Isis", XLVII, 1956, p. 101-116.

2 О замечании Ньютона см.: F.Cajori (ed.). Sir Isaac Newton's Mathematical Principles of Natural Philosophy and His System of the World. Berkeley, Calif., 1946, p. 21. Этот отрывок следует сравнить с рассуждениями Галилея в его: Dialogues concerning Two New Sciences, Evanston, Ill., 1946, p. 154-176.

Предшествующие примеры выявляют, каждый в контексте отдельной революции, источники реконструкции истории, которая постоянно завершается написанием учебников, отражающих послереволюционное состояние науки. Но такое "завершение" ведет к еще более тяжелым последствиям, чем упомянутые выше лжетолкования. Лжетолкования делают революцию невидимой: учебники же, в которых дается перегруппировка видимого материала, рисуют развитие науки в виде такого процесса, который, если бы он существовал, сделал бы все революции бессмысленными. Поскольку они рассчитаны на быстрое ознакомление студента с тем, что современное научное сообщество считает знанием, учебники истолковывают различные эксперименты, понятия, законы и теории существующей нормальной науки как раздельные и следующие друг за другом настолько непрерывно, насколько возможно. С точки зрения педагогики подобная техника изложения безупречна. Но такое изложение в соединении с духом полной неисторичности, пронизывающим науку, и с систематически повторяющимися ошибками в истолковании исторических фактов, обсуждавшихся выше, неотвратимо приводит к формированию сильного впечатления, будто наука достигает своего нынешнего уровня благодаря ряду отдельных открытий и изобретений, которые – когда они собраны вместе – образуют систему современного конкретного знания. В самом начале становления науки, как представляют учебники, ученые стремятся к тем целям, которые воплощены в нынешних парадигмах. Один за другим в процессе, часто сравниваемом с возведением здания из кирпича, ученые присоединяют новые факты, понятия, законы или теории к массиву информации, содержащейся в современных учебниках.

Однако научное знание развивается не по этому пути. Многие головоломки современной нормальной науки не существовали до тех пор, пока не произошла последняя научная революция. Очень немногие из них могут быть прослежены назад к историческим истокам науки, внутри которой они существуют в настоящее время. Более ранние поколения исследовали свои собственные проблемы своими собственными средствами и в соответствии

со своими канонами решений. Но изменились не просто проблемы. Скорее можно сказать, что вся сеть фактов и теорий, которые парадигма учебника приводит в соответствие с природой, претерпевает замену. Является ли постоянство химического состава, например, просто фактом опыта, который химики могли открыть и раньше посредством эксперимента в какой-либо области исследования? Или это, скорее, один элемент – и к тому же несомненный элемент – в новой ткани связанных между собой факта и теории, которую Дальтон соотнес с предшествующим химическим опытом в целом, изменяя в то же время этот опыт? Точно так же является ли постоянное ускорение, вызванное постоянной силой, просто фактом, который исследователи, изучающие динамику, всегда искали; или этот факт является, скорее, ответом на вопрос, который впервые возник только в ньютоновской теории и на который эта теория смогла ответить, исходя из совокупности информации, имеющейся в наличии до того, как вопрос был поставлен?

Вопросы, сформулированные здесь, относятся к области фактов, открытых постепенно и представленных в учебниках. Но очевидно, что эти вопросы подразумевают точно так же и интерес к тому, чту именно преподносят тексты этих учебников как теории. Конечно, эти теории "соответствуют фактам", но только посредством преобразования предварительно полученной информации в факты, которые для предшествующей парадигмы не существовали вообще. А это значит, что теории также не развиваются частями соответственно существующим фактам. Наоборот, они возникают совместно с фактами, которые они вычленили при революционной переформулировке предшествующей научной традиции, традиции, внутри которой познавательно-опосредствующие связи между учеными и природой не оставались полностью идентичными.

Заключительный пример может прояснить это описание влияния учебных разработок на наше представление о развитии науки. Каждый начальный учебник по химии должен рассмотреть понятие химического элемента. Почти всегда, когда это понятие вводится, его происхождение приписывается химику XVII века,

Роберту Бойлю, в книге которого "Химик-скептик" внимательный читатель найдет определение "элемента", вполне соответствующее определению, используемому в настоящее время. Обращение к вкладу Бойля помогает новичку осознать, что химия не началась с сульфопрепаратов. Вдобавок это указание сообщает ему, что одна из традиционных задач ученого – выдвигать понятия такого рода. В качестве части педагогического арсенала, который делает из человека ученого, такой возврат к прошлому оказывается чрезвычайно успешным. Тем не менее все это иллюстрирует еще раз образец исторических ошибок, который вводит в заблуждение как студентов, так и непрофессионалов относительно природы научного предприятия.

Согласно Бойлю, который был в этом совершенно прав, его "определение" элемента не более чем парафраза традиционного химического понятия; Бойль предложил его только для того, чтобы доказать, что никаких химических элементов не существует. С точки зрения истории версия вклада Бойля, представленная в учебниках, полностью ошибочна3. Конечно, такая ошибка тривиальна, хотя не более чем любое другое ошибочное истолкование фактов. Однако нетривиальным оказывается впечатление о науке, складывающееся в этом случае, когда с такого рода ошибкой сначала примиряются и затем внедряют ее в рабочую структуру учебного текста. Подобно понятиям "время", "энергия", "сила" или "частица", понятие элемента составляет ингредиент учебника, который часто не придумывается и не открывается вообще. В частности, определение Бойля может быть прослежено в глубь веков по крайней мере до Аристотеля, а вперед – через Лавуазье к современным учебникам. Но это не значит, что наука овладела современным понятием элемента еще во времена античности. Вербальные определения, подобные определению Бойля, обладают малым научным содержанием, когда рассматриваются сами по себе. Они не являются полными логическими определениями (specifications) значения (если

3 T.S.Kuhn. Robert Boyle and Structural Chemistry in the Seventeenth Century. – "Isis", XLIII, 1952, p. 26-29.

таковые есть вообще), но преследуют в большей степени педагогические цели. Научные понятия, на которые указывают определения, получают полное значение только тогда, когда они соотнесены в учебниках или в другой систематической форме с другими научными понятиями, с процедурами исследования и приложениями парадигмы. Из этого следует, что понятия, подобные понятию элемента, едва ли могут мыслиться независимо от контекста. Кроме того, если дан соответствующий контекст, то они редко нуждаются в раскрытии, потому что они уже используются фактически. И Бойль и Лавуазье в значительной степени изменили смысл понятия "элемент" в химии. Но они не придумывали понятия и даже не изменяли вербальную формулировку, которая служила его определением. Эйнштейну, как мы видели, тоже не пришлось придумывать или даже эксплицитно переопределять понятия "пространство" и "время", для того чтобы дать им новое значение в контексте его работы.

Какую историческую функцию несла та часть работы Бойля, которая включала знаменитое "определение"? Бойль был лидером научной революции, которая благодаря изменению отношения "элемента" к химическим экспериментам и химической теории преобразовала понятие элемента в орудие, совершенно отличное от того, чем оно было до этого, и преобразовала тем самым как химию, так и мир химика4. Другие революции, включая революцию, которая связана с Лавуазье, требовали придать понятию его современную форму и функцию. Но Бойль предоставляет нам типичный пример как процесса, включающего каждую из указанных стадий, так и того, что происходит в этом процессе, когда существующее знание находит воплощение в учебниках. Более, чем любой другой отдельно взятый аспект науки, такая педагогическая форма определила наш образ науки и роль открытия и изобретения в ее движении вперед.

4 Позитивный вклад Р.Бойля в развитие понятия химического элемента освещается в: M.Boas. Robert Boyle and Seventeenth-Century Chemistry, Cambridge, 1958

XII

РАЗРЕШЕНИЕ РЕВОЛЮЦИЙ

Учебники, которые рассматривались нами, создаются только в итоге научной революции. Они являются основой для новой традиции нормальной науки. Поднимая вопрос об их структуре, мы явно упустили один момент. Чту представляет собой процесс, посредством которого новый претендент на статус парадигмы заменяет своего предшественника? Любое новое истолкование природы, будь то открытие или теория, возникает сначала в голове одного или нескольких индивидов. Это как раз те, которые первыми учатся видеть науку и мир по-другому, и их способность осуществить переход к новому въдению облегчается двумя обстоятельствами, которые не разделяются большинством других членов профессиональной группы. Постоянно их внимание усиленно сосредоточивается на проблемах, вызывающих кризис; кроме того, обычно они являются учеными настолько молодыми или новичками в области, охваченной кризисом, что сложившаяся практика исследований связывает их с воззрениями на мир и правилами, которые определены старой парадигмой, менее сильно, чем большинство современников. Чту они должны делать (и как это им удается), чтобы целиком преобразовать профессию или соответствующую профессиональную подгруппу, заставляя видеть науку и окружающий мир в новом свете? Чту заставляет группу отказаться от одной традиции нормального исследования в пользу другой?

Чтобы видеть актуальность этих вопросов, вспомним, что они являются единственными реконструкциями, которые историк может предложить как материал для философского решения вопросов проверки, верификации или опровержения установленных научных теорий. В той мере, в какой исследователь занят нормальной наукой, он решает головоломки, а не занимается проверкой парадигм. Хотя в процессе поиска какого-либо частного решения головоломки исследова-

тель может опробовать множество альтернативных подходов, отбрасывая те, которые не дают желаемого результата, он в подобном случае не проверяет парадигму. Скорее он похож на шахматиста, который, когда задача поставлена, а доска (фактически или мысленно) перед ним, пытается подобрать различные альтернативные ходы в поисках решения. Эти пробные попытки, предпринимаются ли они шахматистом или ученым, являются сами по себе испытаниями различных возможностей решения, но отнюдь не правилами игры. Они бывают возможны только до тех пор, пока сама парадигма принимается без доказательства. Поэтому проверка парадигмы, которая предпринимается лишь после настойчивых попыток решить заслуживающую внимания головоломку, означает, что налицо начало кризиса. И даже после этого проверка осуществляется только тогда, когда предчувствие кризиса порождает альтернативу, претендующую на замену парадигмы. В науках операция проверки никогда не заключается, как это бывает при решении головоломок, просто в сравнении отдельной парадигмы с природой. Вместо этого проверка является составной частью конкурентной борьбы между двумя соперничающими парадигмами за то, чтобы завоевать расположение научного сообщества.

При ближайшем рассмотрении эта формулировка обнаруживает неожиданные и, вероятно, значительные параллели с двумя наиболее популярными современными философскими теориями верификации. Очень немногие философы науки все еще ищут абсолютный критерий для верификации научных теорий. Отмечая, что ни одна теория не может быть подвергнута всем возможным соответствующим проверкам, они спрашивают не о том, была ли теория верифицирована, а, скорее, о ее вероятности в свете очевидных данных, которые существуют в действительности, и, чтобы ответить на этот вопрос, одна из влиятельных философских школ вынуждена сравнивать возможности различных теорий в объяснении накопленных данных. Это требование сравнения теорий также характеризует историческую ситуацию, в которой принимаются новые теории. Очень

вероятно, что оно указывает одно из направлений, по которому должно идти будущее обсуждение проблемы верификации.

Однако в своих наиболее обычных формах теории вероятностной верификации всегда возвращают нас к тому или иному варианту чистого или нейтрального языка наблюдения, о котором говорилось в X разделе. Одна из вероятностных теорий требует, чтобы мы сравнивали данную научную теорию со всеми другими, которые можно считать соответствующими одному и тому же набору наблюдаемых данных. Другая требует мысленного построения всех возможных проверок, которые данная научная теория может хотя бы предположительно пройти. Очевидно, какое-то подобное построение необходимо для исчисления специфических вероятностей (абсолютных или относительных), и трудно представить себе, как можно было бы осуществить такое построение. Если, как я уже показал, не может быть никакой научно или эмпирически нейтральной системы языка или понятий, тогда предполагаемое построение альтернативных проверок и теорий должно исходить из той или иной основанной на парадигме традиции. Ограниченная таким образом проверка не имела бы доступа ко всем возможным разновидностям опыта или ко всем возможным теориям. В итоге вероятностные теории настолько же затемняют верификационную ситуацию, насколько и освещают ее. Хотя эта ситуация, как утверждается, зависит от сравнения теорий и от общеизвестных очевидных фактов, теории и наблюдения, которые являются предметом обсуждения, всегда тесно связаны с уже имеющимися теориями и данными. Верификация подобна естественному отбору: она сохраняет наиболее жизнеспособную среди имеющихся альтернатив в конкурентной исторической ситуации. Является ли этот выбор наилучшим из тех, которые могли бы быть осуществлены, если бы

были в наличии еще и другие возможности или если бы были данные другого рода, – такой вопрос ставить, пожалуй, бесполезно. Нет никаких средств, которые можно было бы привлечь для поиска ответа на него.

Радикально другой подход ко всему этому комплексу проблем был разработан К. Р. Поппером, который отрицает существование каких-либо верификационных процедур вообще2. Вместо этого он делает упор на необходимость фальсификации, то есть проверки, которая требует опровержения установленной теории, поскольку ее результат является отрицательным. Ясно, что роль, приписываемая таким образом фальсификации, во многом подобна роли, которая в данной работе предназначается аномальному опыту, то есть опыту, который, вызывая кризис, подготавливает дорогу для новой теории. Тем не менее аномальный опыт не может быть отождествлен с фальсифицирующим опытом. На самом деле, я даже сомневаюсь, существует ли последний в действительности. Как неоднократно подчеркивалось прежде, ни одна теория никогда не решает всех головоломок, с которыми она сталкивается в данное время, а также нет ни одного уже достигнутого решения, которое было бы совершенно безупречно. Наоборот, именно неполнота и несовершенство существующих теоретических данных дают возможность в любой момент определить множество головоломок, которые характеризуют нормальную науку. Если бы каждая неудача установить соответствие теории природе была бы основанием для ее опровержения, то все теории в любой момент можно было бы опровергнуть. С другой стороны, если только серьезная неудача достаточна для опровержения теории, тогда последователям Поппера потребуется некоторый критерий "невероятности" или "степени фальсифицируемости". В разработке такого критерия они почти наверняка столкнутся с тем же самым рядом трудностей, который возникает у защитников различных теорий вероятностной верификации.

Многих из указанных выше трудностей можно избе-

[2] K.R.Popper. The Logic of Scientific Discovery. N.Y., 1959, esp. chaps. I-IV.

жать, признав, что обе эти преобладающие и противоположные друг другу точки зрения на логику обоснования научного исследования пытаются свести два совершенно различных процесса в один. Попперовский аномальный опыт важен для науки потому, что он выявляет конкурирующие модели парадигм по отношению к существующей парадигме. Но фальсификация, хотя она, безусловно, и имеет место, не происходит вместе с возникновением или просто по причине возникновения аномального или фальсифицирующего примера. Напротив, вслед за этим развертывается самостоятельный процесс, который может быть в равной степени назван верификацией, поскольку он состоит в триумфальном шествии новой парадигмы по развалинам старой. Мало того, что суть этого процесса состоит в соединении верификационных и фальсификационных тенденций, в котором вероятностное сравнение теорий играет центральную роль. Такая двухстадийная формулировка, я полагаю, обладает достоинством большого правдоподобия, и она может также позволить нам попытаться объяснить роль согласованности (или несогласованности) между теорией и фактом в процессе верификации. Для историка по крайней мере мало смысла полагать, будто верификация устанавливает согласованность фактов с теорией. Все исторически значимые теории согласуются с фактами, но только в большей или меньшей степени. Нет ни одного точного ответа на вопрос, соответствует ли и насколько хорошо отдельная теория фактам. Но вопросы, во многом подобные этим, могут возникнуть и тогда, когда теории рассматриваются в совокупности или даже попарно. Приобретает большой смысл вопрос, какая из двух существующих и конкурирующих теорий соответствует фактам лучше. Хотя ни теория Лавуазье, ни теория Пристли, например, не согласовывались точно с существующими наблюдениями, лишь весьма немногие из современников колебались более чем десятилетие, прежде чем заключить, что теория Лавуазье лучше соответствует природе.

Однако такая формулировка делает задачу выбора между парадигмами по видимости более легкой и при-

вычной, чем она есть на самом деле. Если бы существовал только один ряд научных проблем, только один мир, внутри которого необходимо их решение, и только один ряд стандартов для их решения, то конкуренция парадигм могла бы регулироваться более или менее установленным порядком с помощью некоторого процесса, подобного подсчету числа проблем, решаемых каждой. Но фактически эти условия никогда не встречаются полностью. Сторонники конкурирующих парадигм всегда преследуют, по крайней мере отчасти, разные цели. Ни одна спорящая сторона не будет соглашаться со всеми неэмпирическими допущениями, которые другая сторона считает необходимыми для того, чтобы доказать свою правоту. Подобно Прусту и Бертолле, споривших о составе химических соединений, эти стороны частично связаны друг с другом необходимостью дискуссии. Хотя каждая может надеяться приобщить другую к своему способу видения науки и ее проблем, ни одна не может рассчитывать на доказательство своей правоты. Конкуренция между парадигмами не является видом борьбы, которая может быть разрешена с помощью доводов.

Мы уже рассмотрели несколько различных причин, в силу которых защитникам конкурирующих парадигм не удается осуществить полный контакт с противоборствующей точкой зрения. Вместе взятые эти причины следовало бы описать как несоизмеримость предреволюционных и послереволюционных нормальных научных традиций, и нам следует здесь только кратко резюмировать уже сказанное. Прежде всего, защитники конкурирующих парадигм часто не соглашаются с перечнем проблем, которые должны быть разрешены с помощью каждого кандидата в парадигмы. Их стандарты или их определения науки не одинаковы. Должна ли теория движения объяснить причину возникновения сил притяжения между частицами материи или она может просто констатировать существование таких сил? Ньютоновская динамика встречала широкое сопротивление, поскольку в отличие и от аристотелевской и от декартовской теорий она подразумевала последний ответ по данному

вопросу. Когда теория Ньютона была принята, вопрос о причине притяжения был снят с повестки дня. Однако на решение этого вопроса может с гордостью претендовать общая теория относительности. Или, наконец, можно обратить внимание на то, как распространенная в XIX веке химическая теория Лавуазье удержала химиков от вопроса, почему металлы так сильно похожи в своих свойствах, – вопроса, который ставила и разрешала химия флогистона. Переход к парадигме Лавуазье, подобно переходу к парадигме Ньютона, означал исчезновение не только допустимого вопроса, но и достигнутого решения. Однако это исчезновение также не было долговременным. В XX веке вопросы, касающиеся качественной стороны химических веществ, были возвращены в сферу науки, а вместе с этим и некоторые ответы на них.

Однако речь идет о чем-то большем, нежели несоизмеримость стандартов. Поскольку новые парадигмы рождаются из старых, они обычно вбирают в себя большую часть словаря и приемов, как концептуальных, так и экспериментальных, которыми традиционная парадигма ранее пользовалась. Но они редко используют эти заимствованные элементы полностью традиционным способом. В рамках новой парадигмы старые термины, понятия и эксперименты оказываются в новых отношениях друг с другом. Неизбежным результатом является то, что мы должны назвать (хотя термин не вполне правилен) недопониманием между двумя конкурирующими школами. Дилетанты, которые насмехались над общей теорией относительности Эйнштейна, потому что пространство якобы не может быть "искривленным" (но дело было не в этом), не просто ошибались или заблуждались. Не были простым заблуждением и попытки математиков, физиков и философов, которые пытались развить евклидову версию теории Эйнштейна3. Пространство, которое подразумевалось

3 О реакции обычного человека на понятие искривленного про-странства см.: P. Frank. Einstein, His Life and Times. N.Y., 1947, p. 142-146. О некоторых попытках совместить преимущества общей теории относительности с понятием евклидова пространства см.: C. Nordmann. Einstein and the Universe. N.Y., 1922, chap. IX.

ранее, обязательно должно было быть плоским, гомогенным, изотропным и не зависящим от наличия материи. Чтобы осуществить переход к эйнштейновскому универсуму, весь концептуальный арсенал, характерными компонентами которого были пространство, время, материя, сила и т. д., должен был быть сменен и вновь создан в соответствии с природой. Только те, кто испытал (или кому не удалось испытать) это преобразование на себе, могли бы точно показать, с чем они согласны или с чем не согласны. Коммуникация, осуществляющаяся через фронт революционного процесса, неминуемо ограниченна. Рассмотрим в качестве другого примера тех, кто называл Коперника сумасшедшим, потому что тот утверждал, что Земля вращается. Такие люди не просто ошибались или заблуждались. Неотъемлемым атрибутом объекта, который мыслится ими как "Земля", оставалось неизменное положение. По крайней мере их "Земля" не могла бы двигаться. Соответственно нововведение Коперника не было просто указанием на движение Земли. Скорее, оно составляло целиком новый способ видения проблем физики и астрономии – способ, который необходимо изменил смысл как понятия "Земля", так и понятия "движение"4. Без этих изменений понятие движения Земли было бы просто самостийным. С другой стороны, эти изменения, однажды сделанные и понятые в своем полном значении, позволили и Декарту и Гюйгенсу представить, что вопрос о движении Земли не имеет значения для науки5.

Эти примеры указывают на третий и наиболее фундаментальный аспект несовместимости конкурирующих парадигм. В некотором смысле, который я не имею возможности далее уточнять, защитники конкурирующих парадигм осуществляют свои исследования в разных мирах. В одном мире содержится сдерживаемое

[4] T.S.Kuhn. The Copernican Revolution. Cambridge, Mass., 1957, chaps. III, IV, VII. Вопрос о том, в какой степени гелиоцентризм был более чем астрономической проблемой, большая тема для отдельной книги.

[5] M.Jammer. Concepts of Space. Cambridge, Mass., 1954, p. 118-124

движение тел, которые падают с замедлением, в другом – маятники, которые повторяют свои колебания снова и снова. В одном случае решение проблем состоит в изучении смесей, в другом – соединений. Один мир "помещается" в плоской, другой – в искривленной матрице пространства. Работая в различных мирах, две группы ученых видят вещи по-разному, хотя и наблюдают за ними с одной позиции и смотрят в одном и том же направлении. В то же время нельзя сказать, что они могут видеть то, что им хочется. Обе группы смотрят на мир, и то, на что они смотрят, не изменяется. Но в некоторых областях они видят различные вещи, и видят их в различных отношениях друг к другу. Вот почему закон, который одной группой ученых даже не может быть обнаружен, оказывается иногда интуитивно ясным для другой. По этой же причине, прежде чем они смогут надеяться на полную коммуникацию между собой, та или другая группа должна испытать метаморфозу, которую мы выше называли сменой парадигмы. Именно потому, что это есть переход между несовместимыми структурами, переход между конкурирующими парадигмами не может быть осуществлен постепенно, шаг за шагом посредством логики и нейтрального опыта. Подобно переключению гештальта, он должен произойти сразу (хотя не обязательно в один прием) или не произойти вообще.

Дальше возникает вопрос, как ученые убеждаются в необходимости осуществить такую переориентацию. Частично ответ состоит в том, что очень часто они вовсе не убеждаются в этом. Коперниканское учение приобрело лишь немногих сторонников в течение почти целого столетия после смерти Коперника. Работа Ньютона не получила всеобщего признания, в особенности в странах континентальной Европы, в продолжение более чем 50 лет после появления "Начал"6. Пристли никогда не принимал кислородной теории горения, так же как лорд Кельвин не принял электромагнитной теории и т. д.

[6] 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, p. 93-94.

Трудности новообращения часто отмечались самими учеными. Дарвин особенно прочувствованно писал в конце книги "Происхождение видов": "Хотя я вполне убежден в истине тех воззрений, которые изложены в этой книге в форме краткого обзора, я никоим образом не надеюсь убедить опытных натуралистов, умы которых переполнены массой фактов, рассматриваемых имя в течение долгих лет с точки зрения, прямо противоположной моей... Но я смотрю с доверием на будущее, на молодое возникающее поколение натуралистов, которое будет в состоянии беспристрастно взвесить обе стороны вопроса" 7. А Макс Планк, описывая свою собственную карьеру в "Научной автобиографии", с грустью замечал, что "новая научная истина прокладывает дорогу к триумфу не посредством убеждения оппонентов и принуждения их видеть мир в новом свете, но скорее потому, что ее оппоненты рано или поздно умирают и вырастает новое поколение, которое привыкло к ней" 8.

Эти и другие подобные факты слишком широко известны, чтобы была необходимость останавливаться на них и дальше. Но они нуждаются в переоценке. В прошлом они очень часто использовались, чтобы показать, что ученые, которым не чуждо ничто человеческое, не всегда могут признавать свои заблуждения, даже когда сталкиваются с сильными доводами. Я, скорее, сказал бы, что дело здесь не в доводах и ошибках. Переход от признания одной парадигмы к признанию другой есть акт "обращения", в котором не может быть места принуждению. Пожизненное сопротивление, особенно тех, чьи творческие биографии связаны с долгом перед старой традицией нормальной науки, не составляет нарушения научных стандартов, но является характерной чертой природы научного исследования самого по себе. Источник сопротивления лежит в убежденности, что старая парадигма в конце концов решит все проблемы,

[7] Ч.Дарвин. Происхождение видов. Перевод и вводная статья К.А.Тимирязева. Государственное изд-во сельскохозяйственной литературы, 1952, стр. 444

[8] M.Planck. Scientific Autobiography and Other Papers. N.Y., 1949, p. 33-34.

что природу можно втиснуть в те рамки, которые обеспечиваются этой парадигмой. Неизбежно, что в моменты революции такая убежденность кажется тупой и никчемной, как в действительности иногда и оказывается. Но сказать это было бы недостаточно. Та же самая убежденность делает возможной нормальную науку или разрешение головоломок. И только по пути нормальной науки следует профессиональное сообщество ученых, сначала в разработке потенциальных возможностей старой парадигмы, а затем в выявлении трудностей, в процессе изучения которых может возникать новая парадигма.

И все же сказать, что сопротивление является неминуемым и закономерным, что изменение парадигмы не может быть оправдано тем или иным доводом, не значит говорить, что ни один аргумент не приемлем и что ученых невозможно убедить в необходимости изменения их образа мышления. Хотя требуется иногда время жизни целого поколения, чтобы осуществить какое-либо изменение, снова и снова повторяются факты обращения научных сообществ к новым парадигмам. Кроме того, эти обращения к новым парадигмам и отказ от старых происходят не вопреки тому, что ученым свойственно все человеческое, а именно по этой причине. Хотя некоторые ученые, особенно немолодые и более опытные, могут сопротивляться сколь угодно долго, большинство ученых так или иначе переходит к новой парадигме. Обращения в новую веру будут продолжаться до тех пор, пока не останется в живых ни одного защитника старой парадигмы и пока вся профессиональная группа не будет руководствоваться единой, но теперь уже иной парадигмой. Мы должны поэтому выяснить, каким образом осуществляется переход и как преодолевается сопротивление.

Какого ответа на этот вопрос мы можем ожидать? Только потому, что он относится к технике убеждения или к аргументам или контраргументам в ситуации, где не может быть доказательства, наш вопрос является новым по своему значению и требует такого изучения, которое ранее не предпринималось. Мы предпримем лишь очень частичный и поверхностный обзор. Кроме того

то, что уже было сказано, вместе с результатами этого обзора наводит на мысль, что когда говорят об убеждении, а не о доказательстве, то вопрос о природе научной аргументации не имеет никакого единого и унифицированного ответа. Отдельные ученые принимают новую парадигму по самым разным соображениям и обычно сразу по нескольким различным мотивам. Некоторые из этих мотивов – например, культ солнца, который помогал Кеплеру стать коперниканцем, – лежат полностью вне сферы науки 9. Другие основания должны зависеть от особенностей личности и ее биографии. Даже национальность или прежняя репутация новатора и его учителей иногда может играть значительную роль10. Следовательно, в конце концов, мы должны научиться отвечать на этот вопрос дифференцированно. Для нас будут представлять интерес не те аргументы, которые убеждают или переубеждают того или иного индивидуума, а тот тип сообщества, который всегда рано или поздно переориентируется как единая группа. Эту проблему, однако, мы отложим до последнего раздела, рассмотрев пока некоторые виды аргументов, которые оказываются особенно эффективными в борьбе за изменение парадигмы.

Вероятно, единственная наиболее распространенная претензия, выдвигаемая защитниками новой парадигмы, состоит в убеждении, что они могут решить проблемы, которые привели старую парадигму к кризису. Когда это может быть сделано достаточно убедительно, такая претензия является наиболее эффективной в аргументации сторонников новой парадигмы. В той

[9] О роли культа солнца в формировании идей Кеплера см.: E.A.Burtt. The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science, rev. ed. N.Y., 1932, p. 44-49.

[10] Что касается роли репутации, рассмотрим следующий факт: лорд Релей к тому времени, когда его репутация прочно утвердилась, представил на рассмотрение в Британскую Ассоциацию статью о некоторых парадоксах электродинамики. Его имя было случайно опущено, когда статья была послана впервые, и сама статья была отвергнута как работа какого-то "любителя парадоксов". Вскоре после этого, когда его имя было указано, статья была принята с многочисленными извинениями. (R. Strutt, 4th Baron Rayleigh. John William Strutt, Third Baron Rayleigh [New York, 1924], p. 23.)

области, в которой данное требование успешно осуществляется, старая парадигма заведомо попадает в затруднительное положение. Эти затруднения неоднократно изучались, и попытки преодолеть их вновь и вновь оказывались тщетными. "Решающие эксперименты" – эксперименты, способные особенно четко проводить различие между двумя парадигмами, – должны быть признаны и закреплены до того, как создается новая парадигма. Так, например, Коперник утверждал, что он разрешил давно раздражающую проблему продолжительности календарного года, Ньютон – что примирил земную и небесную механику, Лавуазье – что разрешил проблемы тождества газов и весовых соотношений, а Эйнштейн – что сделал электродинамику совместимой с преобразованной наукой о движении.

Утверждения такого вида являются особенно подходящими для достижения цели, если новая парадигма обнаруживает количественную точность значительно лучшую, нежели старый конкурент. Количественное превосходство Рудольфовых таблиц Кеплера* над всеми таблицами, рассчитанными с помощью теории Птолемея, было важным фактором в приобщении астрономов к коперниканству. Успех Ньютона в предсказании количественных результатов в астрономических наблюдениях явился, вероятно, наиболее важной из отдельных причин триумфа его теории над более рационализированными, но исключительно качественными теориями его конкурентов. А в нашем веке замечательный количественный успех закона излучения Планка и модели атома Бора убедили многих физиков принять их; хотя, рассматривая физическую науку в целом, нельзя не признать, что оба эти вклада породили намного больше проблем, чем разрешили11.

* Таблицы движения Солнца, Луны и планет, вычисленные и опубликованные в 1627 году Кеплером; названы по имени Рудольфа II, императора "Священной Римской империи" в 1576-1612 гг., при котором Кеплер носил звание имперского математика. – Прим. перев. T.Kuhn. Op. cit., p. 219-225.

[11] О проблемах, созданных квантовой теорией, см.: F.Reiche. The Quantum Theory. London. 1922, chaps. II, VI-IX. О других примерах в этом параграфе см. прежние сноски данного раздела.

Однако самой по себе претензии на решение проблем, вызывающих кризисы, редко бывает достаточно. Она также не может быть всегда безошибочной. Фактически теория Коперника не была более точной, чем теория Птолемея, и не вела непосредственно к какому бы то ни было улучшению календаря. Или другой пример. Волновая теория света в течение нескольких лет после того, как она была выдвинута, не имела даже такого успеха, как ее корпускулярный конкурент в объяснении поляризационных эффектов, которые и послужили принципиальным основанием кризиса в оптике. Иногда более свободное исследование, которое характеризует экстраординарный этап развития науки, создает кандидата в парадигмы, который первоначально нисколько не помогает решению проблем, вызвавших кризис. Когда такое случается, данные в поддержку новой парадигмы должны быть получены из других областей исследования, что очень часто так или иначе и делается. В этих областях могут быть развиты особенно убедительные аргументы, если новая парадигма допускает предсказание явлений, о существовании которых совершенно не подозревали, пока господствовала старая парадигма.

Например, теория Коперника навела на мысль, что планеты должны быть подобны Земле, что Венера должна иметь фазы и что Вселенная должна быть гораздо больше, чем ранее предполагалось. В результате, когда спустя 60 лет после его смерти с помощью телескопа неожиданно были обнаружены горы на Луне, фазы Венеры и огромное количество звезд, о существовании которых ранее не подозревали, то эти наблюдения убедили в справедливости новой теории великое множество ученых, особенно среди неастрономов12. В истории волновой теории был еще более драматический эпизод, приведший к переосмыслению сущности световых явлений физиками. Сопротивление французских ученых прекратилось сразу же и почти полностью, когда Френелю удалось продемонстрировать существов ие белого пятна в центре тени от круглого диска.

12 T.Kuhn. Op. cit., p. 219-225.

Это был эффект, которого не ожидал даже Френель; а Пуассон, бывший первоначально одним из его оппонентов, представил эффект как неизбежное, хотя на первый взгляд и абсурдное следствие из френелевской теории[13]. Благодаря их поразительной ценности и в силу того, что они не были столь очевидно «встроены» в новую теорию с самого начала, аргументы, подобные указанным, оказывались особенно убедительными. А иногда эта сверх убедительность могла быть использована даже тогда, когда исследуемое явление наблюдалось задолго до того, как была введена теория, объясняющая его. Например, Эйнштейн, по-видимому, не предполагал, что общая теория относительности с такой точностью даст оценку хорошо известной аномалии в движении перигелия Меркурия; можно себе представить, какой триумф пережил Эйнштейн, когда это ему удалось[14].

До сих пор мы обсуждали аргументы, касающиеся новой парадигмы, которые основывались на сравнении возможностей конкурирующих теорий в решении проблем. Для ученых эти аргументы обычно являются в высшей степени значительными и убедительными. Предшествующие примеры не должны оставлять никакого сомнения относительно причин их огромной привлекательности. Но в силу причин, к которым мы вскоре вернемся, нельзя считать эти аргументы неотразимыми ни по отдельности, ни в совокупности. К счастью, есть также соображения другого рода, которые могут привести ученых к отказу от старой парадигмы в пользу новой. Таковы аргументы, которые редко излагаются ясно, определенно, но апеллируют к индивидуальному ощущению удобства, к эстетическому чувству. Считается, что новая теория должна быть «более ясной», «более удобной» или «более простой», чем старая. Вероятно, такие

13 E. T. Whittaker. A History of the Theories of Aether and Electricity. I, 2d ed. London, 1951, p. 108.

14 Ibid., II, 1953, p. 151—180. (О развитии общей теории относительности.) О реакции Эйнштейна на соответствие теории с наблюдаемым движением перигелия Меркурия см. письмо, цитируемое в: P. A. Schilpp (ed.), Albert Einstein, Philosopher-Scientist. Evans-ton, 111., 1949, p. 101.

аргументы более эффективны в математике, чем в других естественных науках. Первые варианты большинства новых парадигм являются незрелыми. Когда со временем получает развитие полный эстетический образ парадигмы, оказывается, что большинство членов сообщества уже убеждены другими средствами. Тем не менее значение эстетических оценок может иногда оказаться решающим. Хотя эти оценки часто привлекают к новой теории только немногих ученых, бывает так, что это именно те ученые, от которых зависит ее окончательный триумф. Если бы они не приняли ее быстро в силу чисто индивидуальных причин, то могло бы случиться, что новый кандидат в парадигмы никогда не развился бы достаточно для того, чтобы привлечь благосклонность научного сообщества в целом.

Чтобы понять причину важности этих в большей мере субъективных и эстетических оценок, вспомним, в чем суть обсуждения парадигмы. Когда впервые предлагается новый кандидат в парадигму, то с его помощью редко разрешают более чем несколько проблем, с которыми он столкнулся, и большинство этих решений все еще далеко от совершенства. До Кеплера теория Коперника едва ли улучшила предсказания положения планет, сделанные Птолемеем. Когда Лавуазье рассматривал кислород как «чистый воздух сам по себе», его новая теория не могла в целом решить всех проблем, возникших с открытием новых газов, — обстоятельство, которое Пристли использовал весьма эффективно для контратаки на теорию Лавуазье. Случаи, подобные белому пятну, полученному Френелем, чрезвычайно редки. Лишь значительно позднее, после того как новая парадигма уже укрепилась, была воспринята и получила широкое распространение, обычно возникает решающая аргументация. Например, маятник Фуко демонстрирует вращение Земли, а опыт Физо показывает, что свет распространяется быстрее в воздухе, чем в воде. Обоснование этих аргументов составляет элемент нормальной науки, и они важны не для обсуждения парадигмы, а для составления новых учебных пособий после научной революции.

До того, как эти учебники написаны, то есть пока споры продолжаются, ситуация бывает совсем другой. Обычно противники новой парадигмы могут на законных основаниях утверждать, что даже в кризисной области она мало превосходит соперничающую с ней традиционную парадигму. Конечно, она трактует некоторые проблемы лучше, она раскрыла некоторые новые закономерности. Но, по-видимому, старая парадигма может быть перестроена так, что сможет преодолеть возникшие трудности, как она преодолевала другие препятствия до сих пор. И геоцентрическая астрономия Тихо Браге, и более поздние варианты теории флогистона были ответами (и вполне успешными) на трудности, вскрытые новым кандидатом в парадигму15. К тому же защитники традиционной теории и традиционных процедур могут почти всегда указать проблемы, которые не решены новой конкурирующей теорией, но которые, с их точки зрения, не являются проблемами вообще. До открытия состава воды горение водорода было сильным аргументом в поддержку теории флогистона и против теории Лавуазье. А кислородная теория горения уже после своего триумфа все еще не могла объяснить получение горючего газа из углерода— явление, на которое сторонники теории флогистона указывали как на сильную поддержку их точки зрения16. Даже в кризисной области равновесие аргумента и контраргумента может иногда быть действительно очень устойчивым. А вне этой области равновесие часто решительно клонится к традиции. Коперник разрушил освященное веками объяснение движения Земли, не заменив его другим, Ньютон сделал то же самое со старым объяснением тяготения, Лавуазье — с объяснением

15 О системе Тихо Браге, которая с геометрической точки зрения была полностью эквивалентна коперниканскои, см.: J. L. E. D r e y e r. A History of Astronomy from Thales to Kepler, 2d ed. N. Y., 1953. О последних вариантах теории флогистона и их успехе см.: J. R. Partington and D. M c K i e. Historical Studies of the Phlogiston Theory. — «Annals of Science», IV, 1939, p. 113—149.

16 О проблемах, выдвинутых горением водорода, см.: J. R. P a r-tington. A Short History of Chemistry, 2d ed. London, 1951, p. 134. Об окиси углерода см.: H. Kopp. Geschichte der Chemie. III. Braunschweig. 1845, p. 294—296.

общих свойств металлов и т. д. Коротко говоря, если бы новая теория, претендующая на роль парадигмы, выносилась бы в самом начале на суд практичного человека, который оценивал бы ее только по способности решать проблемы, то науки переживали бы очень мало крупных революций. Если к этому добавить контраргументы, порожденные тем, что мы ранее называли несоизмеримостью парадигм, то окажется, что в науке вообще не было бы места революциям.

Но споры вокруг парадигм в действительности не касаются способности к решению проблем, хотя есть достаточные основания для того, чтобы они обычно облекались в такую терминологию. Вместо этого вопрос состоит в том, какая парадигма должна в дальнейшем Направлять исследование по проблемам, на полное решение которых ни один из конкурирующих вариантов Не может претендовать. Требуется выбор между альтернативными способами научного исследования, причем в таких обстоятельствах, когда решение должно опираться больше на перспективы в будущем, чем на прошлые достижения. Тот, кто принимает парадигму на ранней стадии, должен часто решаться на такой шаг, пренебрегая доказательством, которое обеспечивается решением проблемы. Другими словами, он должен верить, что новая парадигма достигнет успеха в решении большого круга проблем, с которыми она встретится, зная при этом, что старая парадигма потерпела неудачу при решении некоторых из них. Принятие решения такого типа может быть основано только на вере.

Это одна из причин, в силу которых предшествующий кризис оказывается столь важным. Ученые, которые не пережили кризиса, редко будут отвергать неопровержимую очевидность в решении проблем в пользу того, что может легко оказаться и будет легко рассматриваться как нечто неуловимое. Но самого по себе кризиса недостаточно. Должна быть основа (хотя она может не быть ни рациональной, ни до конца правильной) для веры в ту теорию, которая избрана в качестве кандидата на статус парадигмы. Что-то должно заставить по крайней мере нескольких ученых почувствовать, что новый путь избран правильно, и иногда

это могут сделать только личные и нечеткие эстетические соображения. С их помощью ученые должны вернуться к тем временам, когда большинство из четких методологических аргументов указывали другой путь. Ни астрономическая теория Коперника, ни теории материи де Бройля не имели других сколько-нибудь значительных факторов привлекательности, когда впервые появились. Даже сегодня общая теория относительности Эйнштейна действует притягательно главным образом благодаря своим эстетическим данным. Привлекательность подобного рода способны чувствовать немногие из тех, кто не имеет отношения к математике.

Но это не предполагает, что триумф новой парадигмы приходит в конце концов благодаря некоему местическому влиянию эстетики. Наоборот, очень многие исследователи порывают с традицией исключительно из этих соображений. Часто те, кто вступил на этот путь, оказывались в тупике. Но если парадигма все-таки приводит к успеху, то она неизбежно приобретает своих первых защитников, которые развивают ее до того момента, когда могут быть созданы и умножены более трезвые аргументы. И даже эти аргументы, когда они находятся, не являются решающими каждый в отдельности. Поскольку ученые—люди благоразумные , тот или другой аргумент в конце концов убеждает многих из них. Но нет такого единственного аргумента который может или должен убедить их всех. То, что происходит, есть скорее значительный сдвиг в распределении профессиональных склонностей, чем переубеждение сразу всего научного сообщества.

В самом начале новый претендент на статус парадигмы может иметь очень небольшое число сторонников, и в отдельных случаях их мотивы могут быть сомнительными. Тем не менее если они достаточно компетентны, то они будут улучшать парадигму, изучать ее возможности и показывать, во что превратится принцип принадлежности к данному научному сообществу в случае, если оно начнет руководствоваться новой парадигмой. По мере развития этого процесса, если парадигме суждено добиться победы в сражении, число и сила убеждающих аргументов в ее пользу будут воз-

растать. Многие ученые тогда будут приобщаться к новой вере, а дальнейшее исследование новой парадигмы будет продолжаться. Постепенно число экспериментов, приборов, статей и книг, опирающихся на новую парадигму будет становиться все больше и больше. Все большее число ученых, убедившись в плодотворности новой тоски зрения, будут усваивать новый стиль исследований в нормальной науке, до тех пор пока наконец останется лишь незначительное число приверженцов старого стиля. Но даже о них мы не можем сказать что они ошибаются. Хотя историк всегда может найти последователей того или иного первооткрывателя, например Пристли, которые вели себя неразумно, ибо противились новому слишком долго, он не сможет указать тот рубеж, с которого сопротивление становится нелогичным или ненаучным. Самое большее, что он, возможно ,скажет, — это то, что человек, который продолжает сопротивляться после того, как вся его профессиональная группа перешла к новой парадигме, ipso facto перестал быть ученым.

13. ПРОГРЕСС, КОТОРЫЙ НЕСУТ РЕВОЛЮЦИИ

Предшествующие страницы завели мое схематическое описание научного развития так далеко, насколько это возможно в данном очерке. Тем не менее я не имел пока возможности полностью сформулировать выводы. Если это описание в целом отразило существенную структуру непрерывной эволюции научного знания, то оно одновременно поставило еще одну специальную проблему: почему наука, эта область культуры, которую мы пытались обрисовать выше, должна неуклонно двигаться вперед такими путями, которыми не развиваются, скажем, политические или философские учения? Почему прогресс остается постоянно и почти исключительно атрибутом того рода деятельности, которую мы называем научной? Наиболее обычные ответы на этот вопрос были отвергнуты в ходе изложения материала данного очерка. Мы должны подвести под этим черту, рассмотрев вопрос о том, можно ли найти какую-либо замену всем этим толкованиям.

Сразу же отметим, что в некотором смысле это вопрос чисто семантический. В значительной степени термин «наука» как раз предназначен для тех отраслей деятельности человека, пути прогресса которых легко прослеживаются. Нигде это не проявляется более явно, чем в повторяющихся время от времени спорах о том, является ли та или иная современная социальная дисциплина действительно научной. Эти споры имеют параллели в допарадигмальных периодах тех областей, которые сегодня без колебаний наделяются титулом «наука». Их очевидный во всех отношениях источник — определение этого ускользающего от точной характеристики термина. Ученые утверждают, что психология, например, является наукой, потому что она обладает такими то и такими-то характеристиками. Другие считают, что эти характеристики не имеют либо признака необходимости, либо признака достаточности для того,

чтобы считать данную область научной. Часто при обсуждении затрачивается много энергии, разгораются великие страсти; и посторонний наблюдатель оказывается в растерянности, не зная, чем объяснить всё это. Может, многое зависит от определения самого термина «наука»? Дает ли определение возможность сделать вывод: является человек ученым или нет? Если дает, то почему у ученых в сфере естественных наук или у деятелей искусства не вызывает никакого беспокойства определение этого термина? Неизбежно возникает подозрение, что этот вопрос более фундаментальный. Вероятно, его суть заключается в более конкретных вопросах, наподобие следующих: почему моя дисциплина не продвигается вперед таким путем, которым развивается, скажем, физика? Какие изменения в технике, методе или идеологии должны способствовать этому? Однако это не те вопросы, которым могло бы соответствовать в качестве ответа простое соглашение по поводу определения науки. Кроме того, если прецедент, взятый из естественных наук, может сослужить здесь службу, то позднее интерес к нему все же пропадает, но не тогда, когда найдено определение, а когда группы, сомневающиеся теперь в своем собственном статусе, достигают согласия в оценке своих прошлых и нынешних достижений. Например, можно считать знаменательным, что экономисты меньше задумываются над вопросом, является ли их область наукой, чем это делают исследователи в некоторых других областях социальной науки. Происходит ли это потому, что экономисты знают, что такое наука? Или, скорее, потому, что у них мало сомнения относительно статуса экономики?

Этот аспект имеет и обратную сторону, которая, хотя уже и не является просто семантической, может помочь раскрыть запутанные связи между нашими представлениями о науке и прогрессе. В течение ряда столетий, как во времена античности, так и в ранней истории современной Европы, живопись рассматривалась как явно,. кумулятивная область. В течение этого времени целью художника было принято считать изображение. Критики и историки, подобно Плинию и Вазари, записывали в то время с благоговением результаты открытий

в живописи, от сокращения в ракурсе до контрастов, которые делали возможным все более совершенные изображения природы '. Но это были именно те эпохи, особенно период Возрождения, когда расхождение между наукой и искусством едва осознавалось. Леонардо да Винчи был только одним из многих, кто свободно переходил от науки к искусству и наоборот, и только значительно позднее они стали категорически различаться 2.Более того, даже после того, как постоянный переход из одной области в другую прекратился, термин «искусство» продолжал применяться к технологии и ремеслам (которые также рассматривались как прогрессирующие) так же, как к скульптуре и живописи. Только когда позднее отказались от изображения как цели скульптуры и живописи и начали снова учиться на примитивных моделях, произошло расщепление, которое в настоящее время мы считаем само собой разумеющимся, предполагая более или менее правильно его действительную глубину. И даже сегодня часть наших затруднений при рассмотрении глубоких различий между наукой и техникой должна быть связана с тем фактом, что прогресс, очевидно, приписывается обеим областям.

Однако можно только прояснить, но не разрешить затруднения, с которыми мы столкнулись, рассматривая любую область, в которой отмечается прогресс, как науку. Так или иначе остается проблема, почему прогресс заслуживает такого внимания при характеристике науки как предприятия, направляемого теми средствами и целями, которые описаны в данном очерке. Этот вопрос распадается на несколько других, и нам придется рассмотреть каждый из них в отдельности. Во всех случаях, однако, за исключением последнего, их решение будет зависеть частично от изменения нашей нормальной точки зрения на отношение между научной деятельностью и сообществом, которое практически ее осуществляет. Мы должны научиться осознавать, каким

1 E. H. G o m b r i c h. Art and Illusion: A Study in the Psycho.logy of Pictorial Representation. N. Y., 1960, p. 11—12.

2 Ibid. p. 97; Giorgio de S a n t i 11 a n a. The Role of Art in the Scientific Renaissance, in: «Critical Problems in the History of Science», ed. M. Clagett, Madison, Wis., 1959, p. 33—65.

образом то, что рассматривалось как следствие, оказывается причиной. Если нам это удастся, то фразы «научный прогресс» или даже «научная объективность» могут стать, как представляется, до некоторой степени излишними. Фактически один аспект такой избыточности только что иллюстрировался. Прогрессирует ли область потому, что она научна, или она научна потому, что прогрессирует?

Выясним теперь, почему предприятие, подобное нормальной науке, должно прогрессировать; начнем с того, что припомним некоторые из ее наиболее рельефных характеристик. Обычно члены зрелого научного сообщества работают, исходя из единой парадигмы или из ряда тесно связанных между собой парадигм. Очень редко различным научным сообществам приходится исследовать одни и те же проблемы. В тех исключительных случаях, когда это все же случается, группы исследователей придерживаются нескольких основных общих парадигм. Рассматривая изнутри любое единичное сообщество, будь то сообщество ученых или неученых можно видеть, что результатом успешной творческой работы является прогресс. Да и как может быть иначе? Например, мы отмечали, что, когда художники видели свою цель в изображении мира, критика и история регистрировали прогресс, свойственный этой внешне объединенной группе. Другие творческие области обнаруживают прогресс такого же рода. Теолог, который разрабатывает догмы, или философ, который совершенствует кантовские императивы, вносят свой вклад в прогрессивное развитие, по крайней мере в прогрессивное развитие той группы, которая разделяет их предпосылки. Ни одна творческая школа не признает такого рода работы, которая, с одной стороны, приносит творческий успех, а с другой—не является дополнением к совместному результату группы. Если мы сомневаемся как делают многие, что ненаучные области осуществляют прогресс, то это происходит не по той причине что индивидуальные школы ничего не создают в этих властях. Скорее это должно быть вследствие того, что ,всегда есть конкурирующие школы, каждая из которых постоянно ставит под сомнение сами основания другой.

Тот, кто утверждает, что, например, философия не имеет никакой тенденции к прогрессу, будет делать упор на то, что все еще есть аристотелианцы, а не на то, что учение Аристотеля не имело шансов на прогресс.

Однако эти сомнения относительно прогресса возникают также и в науке. В течение всего допарадигмального периода, когда имеется разнообразие конкурирующих школ, наличие прогресса (исключая прогресс внутри самих школ) очень трудно обнаружить. Этот этап, описанный во II разделе, представляет собой период, и течение которого отдельные исследователи работают как ученые, но результаты их деятельности ничего не добавляют к научному знанию, как мы его себе представляем. Более того, в течение периодов революции, когда фундаментальные принципы области исследования еще раз становятся предметом обсуждения, неоднократно высказываются сомнения относительно какой-либо возможности непрерывного прогресса, если только будет признана та или иная из противоборствующих парадигм. Те, кто отвергал теорию Ньютона, объявляли, что его опора на внутренние силы возвращает науку в средневековье. Те, кто противостоял химии Лавуазье, полагали, что отказ от химических «элементов» в пользу лабораторных процедур был отказом от химического объяснения и что сторонники такого отказа заставляют науку довольствоваться пустыми разглагольствованиями. Подобное, хотя и более умеренно выраженное, ощущение, по-видимому, лежит в основании неприятия Эйнштейном, Бомом и другими вероятностной интерпретации квантовой механики в качестве доминирующей трактовки. Короче, только в течение периодов нормальной науки прогресс представляется очевидной и гарантированной тенденцией. Однако в течение этих периодов научное сообщество и не может рассматривать плоды своей работы под каким либо иным углом зрения. Что касается нормальной науки, то частичный ответ на вопрос о проблеме прогресса просто очевиден. Научный прогресс не отличается по типу от прогресса в других областях, но очень долгое отсутствие конкурирующих школ, которые обсуждают цели и стандарты друг

друга, позволяет более легко заметить прогресс нормального научного сообщества. Однако это только часть ответа на вопрос, и ни в коем случае не наиболее важная его часть. Например, мы уже отмечали, что принятие однажды общей парадигмы освобождает научное сообщество от необходимости постоянно пересматривать свои основные принципы; члены такого сообщества могут концентрировать внимание исключительно на тонких и наиболее эзотерических явлениях, которые его интересуют. Это неминуемо увеличивает как эффективость, так и действенность, с которыми вся группа решает новые проблемы. Другие аспекты профессиональной деятельности в науках усиливают эту особую эффективность еще больше.

Некоторые из этих аспектов являются следствиями беспримерной изоляции зрелого научного сообщества от запросов непрофессионалов и повседневной жизни. Если коснуться вопроса о степени изоляции, эта изоляция никогда не бывает полной. Тем не менее нет ни одного другого профессионального сообщества, где индивидуальная творческая работа столь непосредственно была бы адресована к другим членам профессиональной группы и оценивалась бы ими. Даже наиболее мыслящие поэты и наиболее абстрактно рассуждающие теологи гораздо больше интересуются оценкой своей творческой работы непрофессионалами, хотя в общем оценка для них, может быть, менее важна, чем для ученого. Эта характерная черта вполне закономерна. Именно потому, что он работает только для аудитории коллег, аудитории, которая разделяет его собственные оценки и убеждения, ученый может принимать без доказательства единую систему стандартов. Ему не нужно заботиться о том, что будут думать какие-нибудь другие группы или школы, и поэтому он может откладывать одну проблему и продвигаться к следующей быстрее, нежели те, кто работает для более разнородной группы. Но, что особенно важно, изоляция научного сообшества от общества в целом позволяет каждому ученому концентрировать свое внимание на проблемах, относительно которых он имеет все основания верить, что способен их решить. В отличие от инженеров,

большинства врачей и большинства теологов ученый не нуждается в выборе проблем, так как последние сами настоятельно требуют своего решения, даже независимо от того, какими средствами будет получено это решение. В этом аспекте размышления о различии между учеными естественниками и многими учеными в области социальных наук оказываются весьма поучительными. Последние часто прибегают (в то время как первые почти никогда этого не делают) к оправданию своего выбора исследовательской проблемы, будь то последствия расовой дискриминации или причины экономических циклов – главным образом исходя из социальной значимости решения этих проблем. Нетрудно понять, когда в первом или во втором случае можно надеяться на скорейшее решение проблем.

Последствия изоляции от общества в значительной степени усиливаются другой характеристикой профессионального научного сообщества -природой его научного образования с целью подготовки к участию в самостоятельных исследованиях. В музыке, изобразительном искусстве и литературе человек получает образование, знакомясь с работами других художников, особенно более ранних. Учебники, исключая руководства и справочники по оригинальным произведениям, играют здесь лишь второстепенную роль. В истории, философии и социальных науках учебная литература имеет более важное значение. Но даже в этих областях элементарный университетский курс предполагает параллельное чтение оригинальных источников, некоторые из которых являются классическими для данной области, другие - современными исследовательскими сообщениями, которые ученые пишут друг для друга. В результате студент, изучающий любую из этих дисциплин, постоянно осознает огромное разнообразие проблем, которые члены его будущей группы с течением времени намерены решить. Еще более важно, что студент постоянно находится в кругу многочисленных конкурирующих и несоизмеримых решений этих проблем, решений, которым он должен в конечном счете сам вынести оценку.

Сопоставим эту ситуацию с той, которая сложилась по крайней мере в современных естественных науках. В этих областях студент полагается главным образом на учебники до тех нор, пока на третьем или четвертом году прохождения академического курса -он не начинает собственного исследования. На многих курсах научных дисциплин даже от студентов старших курсов не требуют читать работы, не написанные специально для них. Очень немногие из этих курсов предписывают дополнительное чтение исследовательских статей и монографий, ограничивая такие предписания старшими курсами и материалами, которые более или менее приемлемы тогда, когда отсутствуют подходящие учебники. До самых последних стадий формирования ученого учебники систематически замещают творческую научную литературу, которая делает возможными сами учебники. Если есть доверие к парадигмам, положенным в основу метода образования, немногие ученые жаждут его изменения. Зачем, в конце концов, студент-физик, например, должен читать работы Ньютона, Фарадея, Эйнштейна или Шрёдингера, когда все, что ему нужно знать об этих работах, изложено значительно короче, в более точной и более систематической форме во множестве современных учебников?

Я не собираюсь защищать чрезмерно большие сроки, которые порой занимает такой тип обучения. Тем не менее приходится отметить, что в общем такое обучение необычайно эффективно. Конечно, это узкое и суровое воспитание, даже, вероятно, более суровое, чем любое другое, исключая, возможно, обучение ортодоксальной теологии. Однако для нормальной научной работы по решению головоломок в рамках традиции, которую определяет учебная литература, ученые и результате такого воспитания получают почти полное оснащение. Кроме того, ученый хорошо оснащен также для другой работы-создания в русле нормальной науки значительных кризисов. Когда же такие кризисы возникают, ученый, конечно, оказывается не столь хорошо подготовленным. Даже в условиях, когда затянувшийся кризис, вероятно, делает менее узкой практику образования, научное обучение бывает недостаточно

приспособлено для формирования ученого, который легко открыл бы новый подход. Но как только появляется ученый, предлагающий нового кандидата в парадигму - обычно молодой человек или человек новый в данной области, - ущерб, нанесенный узостью образования, испытывает только индивид. В пределах жизни одного поколения, на котором сказывается изменение, индивидуальная узость образования, совместима с широтой взглядов сообщества в целом, которое может переключаться от одной парадигмы к другой, когда это требуется. В особенности эта совместимость проявляется в случаях, когда излишняя узость образования обеспечивает сообщество чувствительным индикатором, который предупреждает об ошибке.

Поэтому в нормальном состоянии научное сообщество обладает необычайно эффективным инструментом для решения проблем или головоломок, которые определены парадигмами. Кроме того, результат решения этих проблем неминуемо должен быть прогрессивным. В этом нет никакого сомнения. Однако понимание этого аспекта лишь частично освещает вторую основную часть проблемы прогресса в науках. Поэтому обратимся теперь именно к ней и выясним вопрос о прогрессе в экстраординарной науке. Почему прогресс также должен быть явно универсальной характеристикой научных революций? Опять-таки мы многое должны усвоить, выясняя вопрос о том, каков еще может быть результат революции. Революции оканчиваются полной победой одного из двух противоборствующих лагерей. Будет ли эта группа утверждать, что результат ее победы не есть прогресс? Это было бы равносильно признанию, что она ошибается и что ее оппоненты правы. По крайней мере для членов победившей группы исход революции должен быть шагом вперед, и они имеют все основания определенно рассчитывать на то, что будущие члены их сообщества будут рассматривать прошлую историю в том же свете, что и они. В XI разделе детально описаны способы, с помощью которых это достигается, и мы только что рассмотрели тесно связанные с этими способами аспекты профессиональной научной жизни. Когда научное сообщество отказывается от прошлой парадигмы,

оно одновременно отрекается от большинства книг и статей, воплощающих эту парадигму, как непригодных для профессионального анализа. Научное образование не использует ничего, что было бы похоже на искусство или библиотеку классиков, а результатом является иногда сильное искажение в представлении ученого о прошлом его дисциплины. В большей степени, чем это делается в других творческих областях, ученый приходит к выводу, что наука развивается по прямой линии к современным высотам. Короче, он рассматривает историю своей науки как прогресс. У него и нет никакой альтернативы, пока он остается в рамках своей области.

Неминуемо эти замечания будут наводить на мысль, что член зрелого научного сообщества напоминает персонаж из книги Оруэлла«1984 год», ставший жертвой истории, переписанной властями. Более того, подобное предположение не является таким уж нелепым. В научных революциях есть потери, так же как и приобретения; а ученые склонны не замечать первых[3]. С другой стороны, ни одно объяснение прогресса через революции не может останавливаться в этом пункте. Сделать это значит считать, что в науках сила обеспечивает правоту. Эта формулировка опять-таки не была бы полностью ошибочной, если бы она не скрывала природу этого процесса и авторитета, благодаря которому осуществляется выбор между парадигмами. Если бы только авторитет, и особенно авторитет непрофессиональный, был арбитром в спорах о парадигме, то результат этих споров мог бы быть, если угодно, революционным, но все же не был бы научной революцией. Само существование науки зависит от того, кто облечен правом делать выбор между парадигмами среди членов особого вида сообщества. Насколько особую

3 Историки науки часто сталкиваются с подобной слепотой в особенно ярко выраженной форме. Студенты, которые приходят к ним из сферы конкретных наук, очень часто оказываются наиболее благодарными их учениками. Но также верно, что эти студенты обычно бывают разочарованы с самого начала. Поскольку студенты-естественники знают «все правильные ответы», особенно трудно заставить их анализировать старую науку в ее собственных понятиях.

природу должно иметь это сообщество, если наука должна выживать и расти, может быть показано уже самим упорством, с каким человечество поддерживает науку как предприятие. Каждая цивилизация, о которой сохранились документальные сведения, обладали техникой, искусством, религией, политической системой, законами и так далее. Во многих случаях эти аспекты цивилизаций были развиты так же, как и в нашей цивилизации. Но только цивилизация, которая берет свое начало в культуре древних эллинов, обладает наукой, действительно вышедшей из зачаточного состояния. Ведь основной объем научного знания является результатом работы европейских ученых в последние четыре века. Ни в одном другом месте, ни в одно другое время не были основаны специальные сообщества, которые были бы так продуктивны в научном отношении.

Каковы существенные характеристики этих сообществ? Очевидно, что они нуждаются в гораздо более широком изучении. В этой области возможны только самые предварительные попытки обобщения. Тем не менее ряд необходимых признаков принадлежности к профессиональной научной группе уже совершенно ясен. Ученый должен, например, интересоваться решением проблем, касающихся природных процессов. Кроме того, хотя его интерес к природе может быть глобальным по своей направленности, проблемы, над которыми ученый работает, должны быть более или менее частными проблемами. Более важно, что решения, которые удовлетворяют его, не могут быть просто индивидуальными решениями, они должны быть приемлемы в качестве решения для многих. Однако группа, которая разделяет эти решения, не может быть выделена произвольно из общества как целого, но, скорее, представляет собой правильное, четко определенное сообщество профессиональных ученых-коллег. Одно из наиболее строгих, хотя и неписаных, правил, научной жизни состоит в запрете на обращение к главам государств или к широким массам народа по вопросам науки. Признание существования единственно компетентной профессиональной группы и признание ее роли как единственного

арбитра профессиональных достижений влекут за собой дальнейшие выводы. Члены группы как индивиды благодаря общим для них навыкам и опыту должны рассматриваться как единственные знатоки правил игры или некоторого эквивалентного основания для точных ,решений. Сомневаться в том, что их объединяет подобная основа для оценок, значило бы признать существование несовместимых стандартов научного достижения. Такое допущение неизбежно должно было бы породить вопрос, может ли быть истина в науках единой.

Этот небольшой список характеристик, общий для научных сообществ, получен полностью из практики нормальной науки. Впрочем, так и должно быть. Данная практика представляет собой деятельность, которой ученый, как правило, обучен. Однако отметим, что, хотя этот список и невелик, его уже достаточно, чтобы выделить такое сообщество среди всех других профессиональных групп. К тому же отметим, что, имея своим источником нормальную науку, список объясняет множество специфических черт общей реакции группы в период революции и особенно в период обсуждения. парадигмы. Мы уже убедились, что группа такого типа должна рассматривать изменения парадигмы как прогресс в научном познании. Сейчас мы можем признать, что это восприятие в своих существенных аспектах является самодовлеющим. Научное сообщество представляет собой необычайно эффективный инструмент для максимального возрастания количества проблем, решаемых благодаря изменению парадигмы, и увеличения точности их решения. Поскольку масштабной единицей научных достижений служит решенная проблема и поскольку группа хорошо знает, какие проблемы уже были решены, очень немногие ученые будут склонны легко принимать точку зрения, которая снова ставит под вопрос многие ранее решенные проблемы. Природа должна сама первая подрывать профессиональную уверенность, указывая на уязвимые стороны прежних достижений. Кроме того, даже тогда, когда это случается и появляется на свет новый кандидат в парадигму, ученые будут сопротивляться его принятию, пока не будут убеждены, что

удовлетворены два наиболее важных условия. Во-первых, новый кандидат должен, по-видимому, решать какую-то спорную и в целом осознанную проблему, которая не может быть решена никаким другим способом. Во-вторых, новая парадигма должна обещать сохранение в значительной мере реальной способности решение проблем, которая накопилась в науке благодаря предшествующим парадигмам. Новизна ради новизны не является целью науки, как это бывает во многих других творческих областях. В результате, хотя новые парадигмы редко обладают или никогда не обладают всеми возможностями своих предшественниц, они обычно сохраняют огромное количество наиболее конкретных элементов прошлых достижений и, кроме того, всегда допускают дополнительные конкретные решения проблем.

Сказать все это—еще не значит предположить, что способность решать проблемы является либо уникальной, либо бесспорной основой для выбора парадигмы. Мы уже отмечали многие причины, в силу которых не может быть критерия подобного рода. Но это наводит на мысль, что сообщество научных специалистов будет делать все возможное для того, чтобы обеспечить непрерывный рост получаемых данных, которые оно может обрабатывать точно и детально. В ходе этого роста сообщество будет испытывать и некоторые потери. Часто некоторые из старых проблем изгоняются. К тому же революция нередко сужает сферу интересов профессионального сообщества, увеличивает степень специализации и ослабляет свои коммуникации с другими, как научными, так и ненаучными, группами. Хотя наука уверенно развивается вглубь, она может не разрастаться соответствующим образом вширь. Если это так, то широта главным образом обнаруживается в распространении научных специальностей, а не в сфере любой отдельно взятой специальности. К тому же, не смотря на эти и другие потери отдельных сообществ, природа подобного рода сообществ обеспечивает потенциальную гарантию, что и список проблем, решаемых наукой, и точность отдельных решений проблем будет все более возрастать. По крайней мере природа сообщества обеспечивает такую гарантию, если есть вообще какой-либо

способ, которым она может быть обеспечена. Какой критерий может быть вернее, чем решение научной группы? Эти последние абзацы указывают направления, в которых, я уверен, следует искать более совершенное решение проблемы прогресса в науках. Возможно, они указывают, что научный прогресс не совсем таков, каким он должен быть, по нашему разумению. Но они в то же время показывают, что некоторый вид прогресса будет неизбежно характеризовать науку как предприятие, пока она существует. Науки не нуждаются в прогрессе иного рода. Мы можем для большей точности отказаться здесь от дополнительного предположения, явного или неявного, что изменения парадигм ведут за бой ученых и студентов и подводят их все ближе и ближе к истине.

Следует отметить, что до самых последних страниц термин «истина» фигурировал в данной работе только в цитате из Фрэнсиса Бэкона. И даже здесь он использовался только как источник убеждения ученого, что совместимые правила научной деятельности не могут сосуществовать, за исключением периода революции, когда главная задача ученых-профессионалов как раз и состоит в упразднении всех наборов правил, кроме одного. Процесс развития, описанный в данном очерке, представляет собой процесс эволюции от примитивных начал, процесс, последовательные стадии которого характеризуются всевозрастающей детализацией и более современным пониманием природы. Но ничто из того, что было или будет сказано, не делает этот процесс эволюции направленным к чему-либо. Несомненно, этот пробел обеспокоит многих читателей. Мы слишком привыкли рассматривать науку как предприятие, которое постоянно приближается все ближе и ближе к некоторой цели, заранее установленной природой. Но необходима ли подобная цель? Можем ли мы не объяснять существование науки, ее успех исходя из эволюции от какого-либо данного момента в состоянии знаний сообщества? Действительно ли мы должны считать, существует некоторое полное, объективное, истинное представление о природе и что надлежащей мерой

научного достижения является степень, с какой оно приближает нас к этой цели? Если мы научимся замещать «эволюцией к тому, что мы надеемся узнать», «эволюцией от того, что мы знаем», тогда множество раздражающих нас проблем могут исчезнуть. Возможно, к таким проблемам относится и проблема индукции.

Я не могу еще определить достаточно детально выводы из этой альтернативной точки зрения на научное развитие. Но она помогает осознать, что концептуальное преобразование, предлагаемое здесь, очень близко к тому, которое предпринял Запад столетие назад. Это особенно полезно, потому что в обоих случаях главное препятствие для этого преобразования одно и то же. Когда Дарвин впервые опубликовал в 1859 году свою книгу с изложением теории эволюции, объясняемой естественным отбором, большинство профессионалов скорее всего беспокоило не понятие изменения видов и не возможное происхождение человека от обезьяны. Доказательства, указывающие на эволюцию, включив эволюцию человека, собирались десятилетиями, а идея эволюции уже была выдвинута и широко распространена прежде. Хотя идея эволюции как таковая встретила сопротивление, особенно со стороны некоторых религиозных групп, величайшие трудности, с которыми столкнулись дарвинисты, были связаны не с этим. Эти трудности проистекали от идеи, которая была ближе к собственным взглядам Дарвина. Все хорошо известные додарвиновские эволюционные теории Ламарка, Чемберса, Спенсера и немецких натурфилософов представляли эволюцию как целенаправленный процесс.«Идея» о человеке и о современной флоре и фауне должна была присутствовать с первого творения жизни, возможно, в мыслях бога. Эта идея (или план) обеспечивала направление и руководящую силу всему эволюционному процессу. Каждая новая стадия эволюционного развития была более совершенной реализацией плана, который существовал с самого начала 4.Для многих людей опровержение эволюции такой’ телеологического типа было наиболее значительным и

4 L. E i s e I e y. Darwin’s Century: Evolution and the Men Who Discovered It. N. Y.,’1958, chaps. II, IV—V.

наименее приятным из предложений Дарвина5. «Происхождение видов» не признавало никакой цели, установленной богом или природой. Вместо этого естественный отбор, имеющий дело с взаимодействием данной среды и реальных организмов, населяющих ее, был ответствен за постепенное, но неуклонное становление Более организованных, более развитых и намного более специализированных организмов. Даже такие изумительно приспособленные органы, как глаза и руки человека, органы, создание которых в первую очередь давало мощные аргументы в защиту идеи о существовании верховного творца и изначального плана, оказались продуктами процесса, который неуклонно развивался от примитивных начал, но не по направлению к какой-то цели. Убеждение, что естественный отбор, проистекающий от простой конкурентной борьбы между организмами за выживание, смог создать человека, вместе с высокоразвитыми животными и растениями, было наиболее трудным и беспокойным аспектом теории Дарвина. Что могли означать понятия «эволюция», «развитие» и «прогресс» при отсутствии определенной цели?

Для многих такие термины казались самопротиворечивыми.

Аналогия, которая связывает эволюцию организмов с эволюцией научных идей, может легко завести слишком далеко. Но для рассмотрения вопросов этого заключительного раздела она вполне подходит. Процесс, описанный в XII разделе как разрешение революций, представляет собой отбор посредством конфликта внутри ручного сообщества наиболее пригодного способа будущей научной деятельности. Чистым результатом осуществления такого революционного отбора, определенным периодами нормального исследования, является удивительно приспособленный набор инструментов, который мы называем современным научным знанием. Последовательные стадии в этом процессе развития знаменуются возрастанием конкретности и специализации.

5 Об особенно точном описании того, как один из выдающихся дарвинистов пытался справиться с этим вопросом, см.: A. H. D u. Asa Gray, 1810—1888. Cambridge, Mass., 1959, p. 295—306 355-383 8 т. кун

И весь этот процесс может совершаться, как мы сейчас представляем биологическую эволюцию, без помощи какой-либо общей цели, постоянно фиксируемой истины, каждая стадия которой в развитии научного знания дает улучшенный образец.

Каждый, кто проследил за нашей аргументацией, тем не менее почувствует необходимость спросить, почему эволюционный процесс должен осуществляться? Какова должна быть природа, включая и человека, что бы наука была возможна вообще? Почему научные сообщества должны достигнуть прочной согласованности, недостижимой в иных сферах? Почему согласованность должна сопутствовать переходу от одного изменения парадигмы к другому? И почему изменение парадигмы должно постоянно создавать инструменты, более совершенные в любом смысле, чем те, что были известны до этого? С одной точки зрения эти вопросы, исключая первый, уже получили ответ. Но с другой точки зрения они остаются такими же открытыми, какими были в самом начале этого очерка. Не только научное сообщество должно быть специфическим. Мир, частью которого является это сообщество, должен также обладать полностью специфическими характеристиками; и мы ничуть не стали ближе, чем были вначале, к ответу на вопрос о том, каким он должен быть. Однако эта проблема каким должен быть мир для того, чтобы человек мог познать его? — не порождена данной работой. Напротив, она столь же стара, как и сама наука, и столько же времени остается без ответа. Но она и не подлежит здесь разрешению. Любая концепция природы, которая не противоречит при тех или иных доводах росту науки, совместима в то же время и с развитой здесь эволюционной точкой зрения на науку. Так как эта точка зрения также совместима с тщательными наблюдениями за научной жизнью, имеются сильные аргументы, убеждающие в том, что эта точка зрения вполне применима и для решения множества еще остающихся проблем.

Прошло почти семь лет с тех пор, как эта книга была впервые опубликована[1] . За это время и мнения критиков, и моя собственная дальнейшая работа улучшили мое понимание поднятых в ней проблем. В своей основе моя точка зрения осталась Почти неизменной, но я осознаю теперь, какие именно аспекты ее первоначальной формулировки породили ненужные трудности и неверное толкование. Поскольку в этом в известной степени виноват я сам, освещение этих аспектов поможет мне продвинуться вперед, что в конечном счете может дать основу для нового варианта данной книги[2]. Так или иначе, я рад случаю наметить необходимые исправления, дать комментарии к некоторым неоднократно высказывавшимся критическим замечаниям и наметить направления, по которым развиваются в настоящее время мои собственные взгляды.[3]

1 Этот постскриптум был впервые подготовлен по предложению д-ра Сигеру Накаяма из Токийского университета, бывшего недолго моим студентом, но надолго оставшегося моим другом, к сделанному им японскому переводу этой книги. Я благодарен ему за идею, за его терпеливое ожидание ее созревания и за его разрешение включить результат этой работы в издание книги на английском языке.

2 К настоящему изданию я постарался не предпринимать никакой систематической доработки, лишь ограничившись некоторыми исправлениями типографских ошибок. Были изменены также два отрывка, которые содержали ошибки, не имеющие значения для общего хода рассуждений. Одна из них состоит в описании роли <Начал> Ньютона в развитии механики XVIII века, другая касается реакции на кризис.

3 Другие наметки можно найти в двух моих последних работах: Reflection on My Critics», in: I. Lakatos and A. Musgrave (eds.). Criticism and the Growth of Knowledge. Cambridge, 1970; Second Thoughts on Paradigms, in: F. Suppe (ed.). The Structure of Scientific Theories, Urbana, III., 1974. Я буду цитировать первую из этих работ ниже, сокращенно называя ее «Reflections», а книгу, которой она вышла в свет,—«Growth of Knowledge»; вторая работа будет упоминаться под названием «Second Thoughts».

Некоторые наиболее существенные трудности, с которыми столкнулось понимание моего первоначального текста, концентрируются вокруг понятия парадигмы, и мое обсуждение начинается именно с них4. В параграфе, который следует дальше, я предполагаю, что для того, чтобы выйти из затруднительного положения, целесообразно отделить понятие парадигмы от понятия научного сообщества, и указываю на то, как это можно сделать, а также обсуждаю некоторые важные следствия, являющиеся результатом такого аналитического разделения. Далее я рассматриваю, что происходит, когда парадигмы отыскиваются путем изучения поведения членов ранее определившегося научного сообщества. Это быстро обнаруживает, что термин «парадигма» часто используется в книге в двух различных смыслах. С одной стороны, он обозначает всю совокупность убеждений, ценностей, технических средств и т. д., которая характерна для членов данного сообщества. С другой стороны, он указывает один вид элемента в этой совокупности конкретные решения головоломок, которые, когда они используются в качестве моделей или примеров, могут заменять эксплицитные правила как основу для решения не разгаданных еще головоломок нормальной науки. Первый смысл термина, назовем его социологическим, рассматривается ниже, во 2-м параграфе;3-й параграф посвящен парадигмам как образцовым достижениям прошлого.

По крайней мере в философском отношении этот второй смысл «парадигмы» является более глубоким, и требования, которые я выдвинул, употребив этот термин, являются главными источниками споров и неверного понимания, вызванных книгой, и особенно обвинения в том, что я представил науку как субъективное и иррациональное предприятие. Эти вопросы рассматриваются в 4-м и 5-м параграфах. В 4-м параграфе доказывается, что термины, подобные терминам «субъективное»

4 Особенно убедительная критика моего первоначального представления парадигм дана в: M. M a s t e r m a n. The Nature of a Paradigm, in: «Growth of Knowledge»; D. S h a p e r e. The Structure of Scientific Revolutions.—«Philosophical Review», LXXIII, 1964 p. 383—394.

и «интуитивное», не могут адекватным образом применяться к компонентам знания, которые я описал как неявно присутствующие в общепризнанных примерах. Хотя такое знание не может быть перефразировано на основе правил и критериев без его существенного изменения, тем не менее оно является систематическим, выдержавшим проверку временем и в некотором мысле может быть исправлено. В 5-м параграфе речь идет о проблеме выбора между двумя несовместимыми теориями, причем делается краткий вывод, что людей с несоизмеримыми точками зрения можно представить в качестве членов различных языковых сообществ и что проблемы коммуникации между ними могут быть анализируемы как проблемы перевода. Три остальные проблемы обсуждаются в последних параграфах—в 6-м и 7-м. В 6-м параграфе рассматривается обвинение в том, что концепция науки, развиваемая в этой книге, является насквозь релятивистской. 7-й параграф начинается с выяснения вопроса, действительно ли страдает моя аргументация, как утверждают некоторые, от путаницы между описательными и нормативными моделями, и завершается краткими замечаниями по вопросу, заслуживающему отдельного очерка, а именно, в какой степени правомерно применение основных тезисов данной книги вне сферы науки.

1. Парадигмы и структура научного сообщества

Термин «парадигма» вводится на первых же страницах книги, причем способ его введения таит в себе логический круг. Парадигма-это то, что объединяет членов научного сообщества, и, наоборот, научное сообщество состоит из людей, признающих парадигму. Хотя не всякий логический круг является порочным (я буду защищать подобный аргумент ниже), однако в данном случае логический круг является источником реальных трудностей. Научные сообщества могут и должны быть выделены как объект без обращения к парадигме; последняя может быть обнаружена затем

путем тщательного изучения поведения членов данного сообщества. Если бы эту книгу надо было написать заново, то её следовало бы начать с рассмотрения сообщества как особой структуры в науке, с вопроса, который с недавних пор стал важным предметом социологического исследования и к которому историки науки также начинают присматриваться с должной серьезностью. Предварительные результаты, многие из которых еще не опубликованы, наводят на мысль, что средства эмпирического исследования сообществ отнюдь не тривиальны, но все же некоторые из них уже освоены, а другим, безусловно, еще предстоит быть в достаточной степени разработанными5. Большинство ученых-исследователей сразу решают вопрос о своей принадлежности к научному сообществу, считая само собой разумеющимся, что принадлежность к данной группе хотя бы в общих чертах определяет ответственность за различную специализацию внутри группы. Поэтому я допускаю здесь, что для их идентификации можно найти более систематические средства. Вместо того чтобы представлять предварительные результаты исследования, позвольте мне кратко пояснить те интуитивные представления о научном сообществе, которые главным образом легли в основу предыдущих разделов книги. Это те самые представления, которые сейчас широко распространены среди ученых, социологов и многих историков науки.

Согласно этим представлениям, научное сообщество состоит из исследователей с определенной научной специальностью. В несравнимо большей степени, чем в большинстве других областей, они получили сходное образование и профессиональные навыки; в процессе обучени

5 W. O. Hagstrom. The Scientific Community. N. Y., 1965, ch. IV and V; D. J. Price and D. de B. Beaver. Collaboration in an Invisible College. — «American Psychologist», XXI, 1966, p. 1011—1018; D. Crane. Social Structure in a Group of Scientists:' A Test of the «Invisible College» Hypothesis. — «American Sociological Review», XXXIV, 1969, p. 335—352; N. C. M u 11 i n s. Social Networks among Biological Scientists, Ph. D. diss., Harvard University, 1966, and «The Micro-Structure of an Invisible College: Tin' Phage Group» (Сообщение на ежегодном заседании Американском социологической ассоциации, Бостон, 1968).

они усвоили одну и ту же учебную литературу извлекли из нее одни и те же уроки. Обычно границы этой литературы отмечают границы предмета научного исследования, а каждое научное сообщество, как правило, имеет свой собственный предмет исследования. Есть научные школы, то есть сообщества, которые подходят к одному и тому же предмету с несовместимых точек зрения. Но в науке это бывает значительно реже, чем в других областях человеческой деятельности; такие школы всегда конкурируют между собой, но конкуренция обычно быстро заканчивается. В результате члены научного сообщества считают себя и рассматриваются другими в качестве единственных людей, ответственных за разработку той или иной системы разделяемых ими целей, включая и обучение учеников и последователей. В таких группах коммуникация бывает обычно относительно полной, а профессиональные суждения относительно единодушными. Поскольку, с другой стороны, внимание различных научных сообществ концентрируется на различных предметах исследования, то профессиональные коммуникации между обособленными научными группами иногда затруднительны; результатом оказывается непонимание, а оно в дальнейшем может привести к значительным и непредвиденным заранее расхождениям.

Сообщества в этом смысле существуют, конечно, на множестве уровней. Наиболее глобальным является сообщество всех представителей естественных наук. Немного ниже в этой системе основных научных профессиональных групп располагается уровень сообществ физиков, химиков, астрономов, зоологов и т. п. Для этих больших группировок установить принадлежность того или иного ученого к сообществу не составляет большого труда, за исключением тех, которые располагаются ближе к периферии сообщества. Когда речь идет о сложившихся дисциплинах, членство в профессиональных обществах и чтение журналов - вот более чем достаточные признаки этой принадлежности. Подобным образом выделяются также большие подгруппы: специалисты по органической химии, а среди них, возможно химии белков, специалисты по физике твердого

тела и физике высоких энергий, специалисты по радиоастрономии и т. д. Только на следующем, более низком уровне возникают эмпирические проблемы. Каким образом, если взять современный пример, должна быть выделена группа специалистов, изучающих бактериофаги, прежде чем эта группа каким-то образом публично оформится? Для этой цели следует побывать на специальных конференциях, изучить распределение планов написания рукописей или прочитать гранки будущих публикаций, а главное, прибегнуть к изучению формальных и неформальных систем коммуникаций, включая и те, которые раскрываются в переписке и способах цитирования6. Я считаю, что такая работа может быть проделана и будет проделана по крайней мере в сфере современной науки и недавней ее истории. Как правило, такому исследованию поддаются сообщества, состоящие, может быть, из ста членов, иногда значительно меньшие. Обычно отдельные ученые, особенно наиболее талантливые, принадлежат либо одновременно либо последовательно к нескольким группам такого типа.

Сообщества данного вида - это те элементарные структуры, которые в настоящей книге представлены как основатели и зодчие научного знания. Парадигмы являют собой нечто такое, что принимается членами таких групп. Многие аспекты науки, описанные ha предшествующих страницах, едва ли могут быть поняты без обращения к природе этих разделяемых сообществом элементов знания. Но другие аспекты можно изучить и без обращения к природе сообщества, хотя в книге я специально не останавливался на этих аспектах. Таким образом, прежде чем обращаться непосредственно к парадигмам, целесообразно рассмотреть ряд вопросов, которые для своего разрешения требуют анализа структуры сообществ.

6 E. G a r f i e 1 d. The Use of Citation Data in Writing the History of Science, Philadephia. Institute of Scientific Information, 1964; M. M. Kessler. Comparison of the Results of Bibliographic Coupling and Analytic Subject Indexing.—«American Documentation», XVI. 1965, p. 223—233; D, J. Price. Networks of Scientific Papers. — «Science», CIL, 1965, p. 510—515.

Вероятно, наиболее острый из этих вопросов состоит в том, что я раньше называл переходом от до к постпарадигмальному периоду в развитии научной дисциплины. Этот переход обрисован выше во II разделе. Прежде чем он происходит, ряд школ претендует на то, чтобы занять господствующее положение в данной области науки. Затем, вслед за некоторыми существенными научными достижениями, круг школ значительно сужается (обычно до одной), и начинается более эффективная форма научной деятельности. Последняя бывает, как правило, эзотерической и направленной на решение головоломок. Такая работа группы возможна только тогда, когда ее члены считают основания их дисциплины не требующими доказательств.

Природа этого перехода к зрелости заслуживает более полного обсуждения, чем она получила в данной книге; в особенности она должна интересовать тех, кто изучает развитие современных социальных наук. Здесь может быть полезно уяснить, что такой переход не дается (и, как я теперь думаю, не должен нуждается) в том, чтобы его связывали с первым приобретением парадигмы. Для членов всех научных сообществ, включая школы допарадигмального периода, общими являются виды элементов, которые я в совокупности называл «парадигмой». Переход к зрелости не затрагивает существования парадигмы, а, скорее, изменяет ее природу. Только после такого изменения возможна нормальная исследовательская деятельность по решению головоломок. Многие характерные черты развития науки, которые выше были связаны с приобретением парадигмы, я мог бы, следовательно, рассматривать теперь как последствия применения некоторой парадигмы, которая идентифицирует трудные загадки, предлагая ключи к их решению, и гарантирует, что действительно способный исследователь непременно добьется успеха. Вероятно, только те, кто черпает уверенность в сознании того, что их собственная научная дисциплина(или школа) располагает парадигмами, могут почувствовать, что переход к новой парадигме будет сопровождаться принесением в жертву чего-то весьма существенного,

Второй вопрос, более важный, по крайней мере для историков, заключается в том, что в данной книге научные сообщества отождествляются, хотя бы в неявном виде, с отдельными областями научного исследования. Такая идентификация встречается у меня в нескольких местах, поскольку, скажем, «физическая оптика», «электричество» и «теплота» должны обозначать также научные сообщества, ибо эти слова указывают на предмет исследования. Единственная альтернатива такому пониманию, которую, кажется, позволяет моя книга, заключается в том, что все эти предметы принадлежат научному сообществу физиков. Идентификация этого вида обычно не выдерживает проверки, как неоднократно указывали мои коллеги по истории науки. Не было, например, никакого физического сообщества до середины XIX века. Оно было образовано позднее в результате слияния двух ранее отдельных сообществ: математиков и представителей натуральной философии (physique experimentale). То, что сегодня составляет предмет исследования для одного широкого научного сообщества, было так или иначе распределено среди различных сообществ в прошлом. Другие, более узкие предметы исследования, например теплота и теория строения материи, существовали длительные периоды времени, не превращаясь в особую часть какого-либо отдельного научного сообщества. И нормальная наука, и научные революции являются тем не менее видами деятельности, основанными на существовании сообществ. Чтобы раскрыть и изучить эти деятельности, следует прежде всего объяснить диахроническое изменение структуры сообществ в науке. В первую очередь парадигма управляет не областью исследования, а группой ученых-исследователей. Любой анализ исследования, направляемого парадигмой или ведущего к потрясению ее основ, должен начинаться с определения ответственной за проведение этого исследования группы или групп.

Когда к анализу развития науки подходят таким путем, некоторые из трудностей, которые были центром внимания для критики, вероятно, должны исчезнуть. Целый ряд комментаторов, например, использовал теорию строения материи, чтобы внушить мысль, что

слишком уж преувеличил единодушие ученых в их приверженности парадигме. Еще сравнительно недавно, указывают они, эти теории были объектами постоянных разногласий и дискуссий. Я согласен с замечанием, но , думаю, что оно не может служить в качестве контрпримера. Теории строения материи не были, по крайней мере приблизительно до 1920 года, особой областью или предметом исследования для некоторого научного сообщества. Вместо этого они были инструментами для большого числа групп различных специалистов. Члены различных сообществ иногда выбирали различные инструменты и критиковали выбор, сделанный другими. Еще более важно, что теории строения материи не являются тем видом проблемы, относительно которой даже члены одного и того же научного сообщества обязательно должны соглашаться. Необходимость в соглашении зависит от того, чем занимается данное сообщество. Химия в первой половине XIX века может служить в этом смысле примером. Хотя некоторые из основных инструментов научного сообщества — постоянство состава, кратные отношения и атомные веса—стали общепринятыми благодаря атомистической теории Дальтона, химики после создания этой теории вполне могли основывать свои работы на данных инструментах и тем не менее спорить, иногда очень страстно, по вопросу о существовании самих атомов.

Точно так же можно разрешить, я уверен, и некоторые другие трудности и недоразумения. Частично пследствие примеров, которые я выбрал, а частично вследствие неясности рассуждений о природе и размерах соответствующих научных сообществ, некоторые читатели книги сделали вывод, что меня прежде всего или исключительно интересуют крупные научные революции, такие революции, которые связаны с именами Коперника, Ньютона, Дарвина или Эйнштейна. Более ясное изображение структуры сообществ, однако, помогло бы усилить совершенно иное впечатление, создать которое было моей целью. Для меня революция представляет собой вид изменения, включающего определенный вид реконструкции предписаний, которыми руководствуется группа. Но оно не обязательно должно

быть большим изменением или казаться революционным тем, кто находится вне отдельного (замкнутого) сообщества, состоящего, быть может, не более чем из 25 человек. Именно потому, что указанный тип изменения, менее признанный или редко рассматриваемый в литературе по философии науки, возникает так регулярно на этом уровне, требуется понимание природы революционных изменений как противоположных кумулятивным.

Еще одна поправка, тесно связанная со всем предшествующим, может помочь облегчить это понимание. Ряд критиков сомневался, предшествует ли кризис, то есть общее сознание, что что-то происходит не так, революции в науке с такой же неизбежностью, как предполагалось в моем первоначальном тексте. Однако ничего существенного в моих аргументах не ставится и зависимость от той предпосылки, что революциям неизбежно предшествуют кризисы; надо признать лишь, что обычно кризисы служат как бы прелюдией, то есть предпосылкой, питающей саморегулирующийся механизм, который дает нам уверенность в том, что прочность нормальной науки не будет вечно непоколебимой. Революции могут быть вызваны и иначе, хотя я думаю, что это бывает редко. Кроме того, я хотел бы теперь указать, что вышеупомянутые неясности вызвало отсутствие адекватного обсуждения структуры сообществ: кризисы не должны обязательно порождаться работой сообщества, которое испытывает их воздействие и которое иногда подвергается революции в результате кризиса. Новые средства исследования, инструменты, вроде электронного микроскопа, или новые законы, подобные законам Максвелла, могут развиваться в пределах одной области науки, а их восприятие создает кризис в другой.

2. Парадигмы как наборы предписаний для научной группы

Вернемся теперь к парадигмам и выясним, что могут они представлять собой. Это наиболее важный и в то же время неясный вопрос из числа оставшихся не решенными в первом издании. Один благосклонный читатель,

который разделяет мое убеждение относительно того, что словом «парадигма» называются главные философские элементы книги, подготовил частичный аналитический указатель и сделал вывод, что этот термин используется по крайней мере двадцатью двумя различными способами7. Большинство из этих различии появляется, я думаю, из-за стилистической несогласованности (например, законы Ньютона оказываются иногда парадигмой, иногда частями парадигмы, а иногда имеют парадигмальный характер, то есть заменяют парадигму). Эти стилистические расхождения могут быть сравнительно легко устранены. Но с завершением этой редакторской работы остаются два различных употребления этого термина. В данном параграфе рассматривается более общее использование этого термина, в следующем — второй его смысл.

Выделяя особое сообщество специалистов способом, подобным тем, которые только что обсуждались, было бы полезно спросить: что объединяет его членов? (Тем самым мы выясним относительную полноту их профессиональной коммуникации и относительное единодушие их профессиональных суждений.) Парадигма или множество парадигм — такой ответ на поставленный вопрос дает первоначальный текст моей книги. Но для такого использования, отличающегося от того, который будет обсуждаться ниже, термин «парадигма» не подходит. Ученые сами обычно говорят, что они разделяют теорию или множество теорий, и я буду рад, если этот термин окажется в конечном счете все же применимым и в этом случае. Однако термин «теория» в том смысле, в каком он обычно используется в философии науки, обозначает структуру, намного более ограниченную по ее природе и объему, чем структура, которая требуется здесь. До тех пор пока термин может быть свободен от произвольных домыслов, следует избегать введения другого во избежание недоразумений. С этой целью я предлагаю термин «дисциплинарная матрица»:«дисциплинарная» потому, что она учитывает обычную принадлежность ученых-исследователей к определенной

1 Masterman. Op. cit.

дисциплине; «матрица» — потому, что она составлена из упорядоченных элементов различного рода, причем каждый из них требует дальнейшей спецификации. Все или большинство предписаний из той группы предписаний, которую я в первоначальном тексте называю парадигмой, частью парадигмы или как имеющую парадигмальный характер, являются компонентами дисциплинарной матрицы. В этом качестве они образуют единое целое и функционируют как единое целое. Тем не менее я не стану рассматривать их в дальнейшем так, как если бы они составляли единое целое. Я не буду пытаться здесь представить их исчерпывающий список, но не могу не заметить, что главные виды компонентов, составляющих дисциплинарную матрицу, в одно и то же время выясняют сущность моего собственного подхода в настоящее время и подводят читателя к следующему главному моменту.

Один из важных видов компонентов, составляющих матрицу я буду называть «символическими обобщениями», имея в виду те выражения, используемые членами научной группы без сомнений и разногласий, которые могут быть без особых усилий облечены в логическую форму типа (x)(y) (z)Φ(x, y, z). Они представляют собой компоненты дисциплинарной матрицы, которые имеют формальный характер или легко формализуются. Иногда они получают символическую форму в готовом виде с самого начала, с момента их открытия: F = ma или I = V/R. В других случаях они обычно выражаются словами, например: «элементы соединяются в постоянных весовых пропорциях» или «действие равно противодействию». Только благодаря общему признанию выражений, подобных этим, члены научной группы могут применять мощный аппарат логических и математических формул в своих усилиях по решению головоломок нормальной науки. Хотя пример таксономии подсказывает, что нормальная наука может развиваться на основе лишь небольшого числа подобных выражений, мощь научной дисциплины, как представляется, должна, вообще говоря, возрастать по мере того, как увеличивается число символических обобщений, поступающих в распоряжение ученых-исследователей.

Эти обобщения внешне напоминают законы природы, их функция, как правило, не ограничивается этим для членов научной группы. Но иногда они выступают как законы, например закон Джоуля Ленца: H =RI2. Когда этот закон был открыт, члены научного сообщества уже знали, что означают H, R и I, и это общение просто сообщило им о поведении теплоты, тока и сопротивления нечто такое, чего они не знали раньше. Однако, как показывает все обсуждение вопроса в книге, более часто символические обобщения выполняют в то же время вторую функцию, которая обычно резко отделяется от первой исследователями в области философии науки. Подобно законам F = ta или

$$\mathbf{I = V/R}$$

эти обобщения функционируют не только в роли законов, но и в роли определений некоторых символов, которые они содержат. Более того, соотношение между нераздельно связанными способностями установления законов и дефинирования изменяется с течением времени. Эти проблемы заслуживают более детального анализа, поскольку природа предписаний, вытекающих из закона, значительно отличается от природы предписаний, основывающихся на определении. Законы часто допускают частичные исправления в отличие от определений, которые, будучи тавтологиями, не позволяют подобных поправок. Например, одно из требований, вытеающих из закона Ома, состояло в том, чтобы заново определить как понятие «ток», так и понятие «сопротивление». Если бы эти термины употреблялись в своем прежнем смысле, закон Ома был бы неверен. Именно поэтому он встретил столь сильные возражения в отличае, скажем, от того, как был принят закон Джоуля Ленца8. По всей вероятности, это типичная ситуация. в настоящее время даже подозреваю, что все революции, помимо всего прочего, влекут за собой отказ от обобщений, сила которых покоилась раньше в какой-то степени на тавтологиях. Показал ли Эйнштейн, что одновременность

8 Описание этого эпизода в его основных моментах см.: T. M. Brown. Electric Current in Early Nineteenth-Century French Physics.—«Historical Studies in the Physical Sciences», I, 1969, p. 61— 103; M. S chagrin. Resistance to Ohm's Law. — «American Journal "1 Physics», XXI, 1963, p. 536—547.

относительна, или он изменил само понятие одновременности? Разве те, кому казалась парадоксальной фраза «относительность одновременности», просто заблуждались?

Рассмотрим теперь второй тип компонентов, составляющих дисциплинарную матрицу. Об этом типе многое было сказано в моем основном тексте. Это такие составляющие матрицы, которые я называю «Метафизическими парадигмами» или «метафизическими частями парадигм». Я здесь имею в виду общепризнанные предписания, такие, как: теплота представляет собой кинетическую энергию частей, составляющих тело; все воспринимаемые нами явления существуют благодаря взаимодействию в пустоте качественно однородных атомов, или, наоборот, благодаря силе, действующей на материю, или благодаря действию полей. Если бы мне пришлось переписать теперь книгу заново, я бы изобразил такие предписания, как убеждения и специфических моделях, и расширил бы категориальные модели настолько, чтобы они включали также более или менее эвристические варианты: электрическую цепь можно было бы рассматривать как своего рода гидродинамическую систему, находящуюся в устойчивом состоянии; поведение молекул газа можно было бы сопоставить с хаотическим движением маленьких упругих биллиардных шариков. Хотя сила предписаний научной группы меняется вдоль спектра концептуальных моделей, начиная от эвристических и кончая онтологическими моделями—а отсюда, между прочим вытекает ряд нетривиальных следствий,—все модели имеют тем не менее сходные функции. Помимо всего прочего, они снабжают научную группу предпочтительными и допустимыми аналогиями и метафорами. Таким образом, они помогают определить, что должно быть принято в качестве решения головоломки и в качестве объяснения. И, наоборот, они позволяют уточнить перечень нерешенных головоломок и способствуют в оценке значимости каждой из них. Заметим, однако, что члены научных сообществ вовсе не обязаны соглашаться со своими коллегами по поводу даже эвристических моделей, хотя обычно они и склонны к этому. Я уже указывал,

что для того, чтобы входить в сообщество химиков в течение первой половины XIX столетия, не было необходимости верить в существование атомов.

В качестве третьего вида элементов дисциплинарной матрицы я рассматриваю ценности. Обычно они оказываются принятыми среди различных сообществ более широко, чем символические обобщения или концептуальные модели. И чувство единства в сообществе ученых -естественников возникает во многом именно благодаря общности ценностей. Хотя они функционируют постоянно, их особенная важность обнаруживается тогда, когда члены того или иного научного сообщества должны выявить кризис или позднее выбрать один из несовместимых путей исследования в их области науки. Вероятно, наиболее, глубоко укоренившиеся ценности касаются предсказаний: они должны быть точными; количественные предсказания должны быть предпочтительнее по сравнению с качественными; в любом случае следует постоянно заботиться в пределах данной области науки о соблюдении допустимого предела ошибки и.т.д. Однако существуют и такие ценности, которые используются для вынесения решения в отношении целых теорий: прежде всего, и это самое существенное, они должны позволять формулировать и решать головоломки. Причем по возможности эти ценности должны быть простыми, не самопротиворечивыми и правдоподобными, то есть совместимыми с другими, параллельно и независимо развитыми теориями. (Я теперь думаю, о недостаток внимания к таким ценностям, как внутренняя и внешняя последовательность в рассмотрении , источников кризиса и факторов в выборе теории, представлял собой слабость моего основного текста.) Существуют точно так же другие виды ценностей, например точка зрения, что наука должна (или не должна)быть полезной для общества, однако из предшествующего изложения уже ясно, что я имею в виду. Об одном аспекте общепринятых ценностей следует, однако, упомянуть особо. В значительно большей степени, чем другие виды компонентов дисциплинарной матрицы, ценности могут быть общими для людей, которые в то же время применяют их по-разному. Суж-

дения о точности, хотя и не полностью, но по крайней мере относительно, стабильны для различных моментов времени и для различных членов конкретной научной группы. Но суждения о простоте, логичности, вероятности и т. п. часто значительно расходятся у различных лиц. То, что было для Эйнштейна совершенно неуместно в старой квантовой теории, что делало невозможным развитие нормальной науки,-все это для Бора и других физиков казалось трудностью, на разрешение которой можно было надеяться, полагаясь на средства самой нормальной науки. Что еще более важно в тех ситуациях, в которых следовало бы прибегнуть к ценностям, так это то, что различные ценности, использованные изолированно от других, часто обычно предопределяли и различный выбор средств для преодоления трудностей. Одна теория может быть более точной, но менее последовательной или правдоподобной, чем другая. Примером этого может служить опять-таки старая квантовая теория. Короче говоря, хотя ценности бывают широко признанными среди ученых и хотя обязательства по отношению к ним определяют и глубину и конструктивность науки, тем не менее конкретное применение ценностей иногда сильно зависит от особенностей личности и биографий, которые отличают друг от друга членов научной группы.

Для многих читателей предшествующих разделов эта характеристика воздействия общепринятых ценностей показалась явным признаком слабости моей позиции. Поскольку я настаиваю на том, что общепринятые ценности сами по себе еще не являются достаточными для того, чтобы обеспечивать полное согласие относительно таких вопросов, как выбор между конкурирующими теориями или различение обычной аномалии и аномалии, таящей в себе начало кризиса, то неожиданно для самого себя я был обвинен в прославлении субъективности и даже иррациональности[9]. Но эта реакция

9 См. особенно: D. S h a p e r e. Meaning and Scientific Change. in: «Mind and Cosmos: Essays in Contemporary Science and Philosn phy». The University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Scicii ce, III. Pittsburgh, 1966, p. 41—85; I. S c h e f f 1 e r. Science and

игнорирует две характеристики, на которые указывают ценностные суждения в любой области. Во первых, общепринятые ценности могут быть важными детерминантами поведения группы даже в том случае, если ее члены не все применяют их одним и тем же способом. (Если бы это было не так, то не могло бы быть никаких специальных философских проблем, составляющих предмет аксиологии или эстетики.) Не все люди рисовали одинаково в течение того периода времени, когда точность изображения была главной ценностью, но модель развития изобразительных искусств резко изменилась с тех пор, как художники отказались от подобной ценности10. Вообразите только, что произошло бы в науках, если бы согласованность перестала бы считаться первичной ценностью. Во вторых, индивидуальная модификация в применении общепринятых ценностей может играть весьма существенную роль в науке. Вопросы, в которых применяются ценности, постоянно являются вопросами, для решения которых требуется пойти на риск. Большинство аномалий разрешается нормальными средствами; также и большинство заявок на новые теории оказываются беспочвенными. Если бы все члены сообщества рассматривали каждую аномалию как источник кризиса или принимали с полной готовностью каждую новую теорию, выдвинутую коллегами, наука перестала бы существовать. С другой стороны, если бы никто не откликался на возникновение аномалий или на новоиспеченные теории в высшей степени рискованными ходами, то в науке было бы значительно меньше революций или их не было бы вообще. В подобных ситуациях обращение к общепринятым ценностям скорее, чем к общепринятым правилам, регулирующим индивидуальный выбор, может быть тем приемом, с помощью которого сообщество распределяет риск между исследователями и гарантирует таким образом на долгое время успех своему научному предприятию.

Обратимся теперь к четвертому виду элементов дисциплинарной матрицы, который будет последним, рассмотренным

9 Subjectivity. N. Y., 1967, а также статьи К. Поппера и Лакатоша книге «Growth of Knowledge».

10 См. обсуждение в начале XIII раздела.

здесь, хотя, вообще говоря, существуют и другие виды. Для этого вида элементов термин «парадигма» был бы полностью уместным как лингвистически, так и автобиографически. Именно этот компонент общепринятых групповых предписаний в первую очередь привел меня к выбору данного слова. Тем не менее, поскольку этот термин получил свою собственную жизнь, я буду заменять здесь его словом «образцы». Под этим видом элементов я подразумеваю прежде всего конкретное решение проблемы, с которым сталкиваются студенты с самого начала своей научной подготовки в лабораториях, на экзаменах или в конце глав используемых ими учебных пособий. Эти признанные примеры должны быть, однако, дополнены по крайней мере некоторыми техническими решениями проблем, взятыми из периодической литературы, с которыми сталкиваются ученые в процессе их послеуниверситетской самостоятельной исследовательской работы и которые служат для них так же примером того, как «делается» наука. Различия между системами «образцов» в большей степени, чем другие виды элементов, составляющих дисциплинарную матрицу, определяют тонкую структуру научного знания. Все физики, например, начинают с изучения одних и тех же образцов: задачи—наклонная плоскость, конический маятник, кеплеровские орбиты; инструменты — верньер, калориметр, мостик Уитстона. Однако по мере того, как продолжается их обучение, символические обобщения, на которые они опираются, иллюстрируются все более различающимися образцами. Хотя специалистам в области физики твердого тела и специалистам по теории полей известно уравнение Шрёдингера, но общими для обеих групп являются лишь его более элементарные приложения.

3. Парадигмы как общепризнанные образцы

Парадигма как общепризнанный образец составляв центральный элемент того, что я теперь считаю самым новым и в наименьшей степени понятым аспектом данной книги. Поэтому именно образцы требуют здесь

$$mg = m\frac{d^2s}{dt^2}$$

$$mg\sin\theta = -ml\frac{d^2\theta}{dt^2}$$

$$m_1\frac{d^2s_1}{dt^2} + k_1s_1 = k_2(s_2 - s_1 + d)$$

что в ней содержится, но тем не менее затрудняются в решении ряда задач, предлагаемых в конце главы. Обычно эти трудности разрешаются одним и тем же способом, как это происходило в истории науки. Студент находит с помощью или без помощи своего инструктора способ уподоблять задачу тем, с которыми он уже встречался. Усмотрев такое сходство, уловив аналогию между двумя и более различающимися задачами, студент начинает интерпретировать символы и сам приводить их В соответствие с природой теми способами, которые еще раньше доказали свою эффективность. Скажем, формула закона F = та функционировала как своего рода инструмент, информируя студента о том, какие существуют аналогии для нее, обозначая своего рода гештальт, через призму которого следует рассматривать данную ситуацию. Формирующаяся таким образом способность видеть во всем многообразии ситуаций нечто сходное между ними (как отправные точки для F = та или какого либо другого символического обобщения) представляет собой, я думаю, главное, что приобретает студент, решая задачи-образцы с карандашом и бумагой или в хорошо оборудованной лаборатории. После того как он выполнил определенное число таких задач или упражнений (это число может сильно меняться в зависимости от его индивидуальных особенностей), он смотрит на ситуации уже как ученый, теми же самыми глазами, что и другие члены группы по данной специальности. Для него эти ситуации не будут уже больше такими же, как те, с которыми он имел дело, приступая к выполнению учебных заданий. Теперь он владеет способом видения, проверенным временем и разрешенным научной группой.

Роль приобретенных отношений подобия ясно видна также из истории науки. Ученые решают головоломки, моделируя их на прежних решениях головоломок, причем часто с самым минимальным запасом символических обобщений. Галилей обнаружил, что шар, скатывающийся вниз по наклонной плоскости, приобретает ровно такую скорость, которая дает возможность ему подняться на ту же высоту по другой наклонной плоскости с произвольным углом наклона. После этого он научился находить в этой экспериментальной ситуации сходство

с колебаниями маятника как груза, имеющего точечную массу. Впоследствии Гюйгенс решил задачу нахождения центра колебания физического маятника, представляя, что протяженное тело последнего составлено из точечных маятников Галилея, связи между которыми могут мгновенно освобождаться в любой точке колебания. После того как связи разорваны, каждый точечный маятник в отдельности совершает свободные колебания, но их общий центр тяжести, когда каждый из них достигал своей наивысшей точки, поднимался, подобно центру тяжести маятника Галилея, только на такую высоту, с которой центр тяжести протяженного маятника начал падать. Наконец, Даниэль Бернулли обнаружил, каким образом уподобить струю воды из отверстия маятнику Гюйгенса. Для этого нужно определить понижение центра тяжести воды в сосуде и траекторию струи в течение бесконечно малого промежутка времени. Представьте далее, что каждая частица воды, одна вслед за другой, движется отдельно вверх до максимальной высоты, которой она достигает со скоростью, приобретаемой ею в течение данного промежутка времени. Повышение центра тяжести индивидуальных частиц должно быть в таком случае равно понижению центра тяжести воды в сосуде и в струе. Представив проблему в подобном виде, Бернулли сразу получил искомую скорость истечения жидкости из отверстия".

Этот пример поможет пояснить, что я подразумеваю, когда пишу о способности использовать решение задачи в качестве образца для отыскания аналогичных задач как объектов для применения одних и тех же научных законов и формул (law-sketch). В то же время из этого же примера видно, почему я рассматриваю логическое

---

u Например, см.: R. D u g a s. A History of Mechanics. Neuchatel, 1955, p. 135—136, 186—193; D. Bernoulli. Hydrodynamica;.sive de viribus et motibus fluidoruni, commentarii opus academicurn, Strasbourg, 1738. Sec. III. О степени, которой достиг прогресс механики в течение первой половины XVIII века путем моделирования одного решения проблемы с помощью другого, см.: C. Truesdell. Reactions of Late Baroque Mechanics to Success, Conjecture, Error. and Failure in Newton's «Principia», — «Texac Quarterly», X, 1967, p. 238—258,

знание о природе как приобретенное в процессе установления сходства между различными ситуациями и в силу этого воплощенное скорее в способе видения физических ситуаций, чем в правилах или законах. Три задачи, приведенные в качестве примера, причем каждая из них представляет собой классический образец механики XVIII века, раскрывают только один закон природы. Этот закон, известный также как принцип vis viva, обычно формулировался следующим образом: «Фактическое снижение равно потенциальному повышению». Применение Бернулли закона должно было показать, насколько логичным был этот принцип. Однако его словесное изложение само по себе, в сущности, ничего не дает. Представьте себе современного студента-физика, который знает необходимые формулировки и может решить все эти задачи, но использует для этого иные средства. Затем представьте себе, что все эти формулировки, хотя все они были бы ему хорошо известны, могут сказать человеку, который даже не знаком с физическими задачами. Для него обобщения вступают в силу только тогда, когда он научился узнавать «фактические падения» и «потенциальные подъемы». Но когда он об этом узнает, он получит определенные сведения об ингредиентах природных процессов, о ситуациях, имеющих место или отсутствующих в природе, раньше, чем о законе. Этот вид знания не достигается исключительно вербальными средствами. Скорее, он облекается в слова вместе с конкретными примерами того, как они функционируют на деле; природа и слова постигаются вместе. Заимствуя еще раз удачную фразу М. Полями, я хочу подчеркнуть, что результатом этого процесса является «неявное знание», которое приобретается скорее практическим участием в научном исследовании, чем усвоением Правил, регулирующих научную деятельность.

4. Неявное знание и интуиция

Это обращение к неявному знанию и к соответствующему отбрасыванию правил позволяет нам выделить еще одну проблему, которая беспокоила многих

критиков и, по всей вероятности, послужила основой для обвинения в субъективности и иррационализме. Некоторые читатели восприняли мою позицию так, будто я пытаюсь построить здание науки на не анализируемых, индивидуальных интуитивных опорах, а не на законах и логике. Но такая интерпретация неверна в двух существенных аспектах. Во-первых, если я и говорю об интуитивных основах, то не об индивидуальных Скорее, это проверенные и находящиеся в общем владении научной группы принципы, которые она успешно использует, а новички приобщаются к ним благодаря тренировке, представляющей неотъемлемую часть их подготовки к участию в работе научной группы. Во-вторых, нельзя сказать, что эти принципы вообще не поддаются анализу. Наоборот, в настоящее время я работаю над программой для вычислительной машины, которая позволила бы исследовать их свойства на элементарном уровне.

Что касается этой программы, то ничего существенного я здесь не могу сказать о ней[12], но даже простое ее упоминание для меня очень важно. Когда я говорю о знании, воплощенном в общепризнанных примерах, я не имею в виду ту форму знания, которая менее систематизирована или меньше поддается анализу, чем знание, закрепленное в правилах, законах или критериям идентификации. Напротив, я имею в виду способ познания, который истолковывается неверно, если его пытаются реконструировать исходя из правил, которые первоначально абстрагированы из образцов и функционируют вместо них. Или—если выразиться иначе, — когда я говорю о приобретении благодаря образцам способности находить сходство данной ситуации с одними ситуациями и ее отличие от других, встречавшихся ранее, то я не имею в виду процесс, который нельзя было бы полностью объяснить исходя из нейроцеребрального механизма. Я утверждаю лишь, что такое объяснение по самой его сущности не даст ответа на вопрос; «Похожи относительно чего?» Выяснение этого вопроса требует опреде-

---

[12] Некоторую информацию по этому поводу можно найти «Second Thoughts».

ленного правила, в данном случае—критериев, по которым те или иные ситуации группируются в системы на основании сходства. Я утверждаю также, что в этом случае не следует поддаваться искушению и заниматься поисками критериев (или по крайней мере полного набора критериев). Однако то, против чего я выступаю, это не система, а некоторый частный вид систем.

Чтобы придать этой позиции большую основательность, я должен немного отклониться в сторону от основного изложения. То, что я хочу сейчас сказать, кажется мне теперь самоочевидным, но постоянное обращение в моем основном тексте к фразам, подобным «Мир изменяется», показывает, что это не всегда было так. Если два человека находятся в одном и том же месте и пристально смотрят в одном и том же направлении, то, чтобы избежать опасности солипсизма, мы должны сказать, что они подвергаются воздействию похожих стимулов. (А если к тому же оба смотрят абсолютно в одну и ту же точку, то стимулы должны быть идентичными.) Но люди не видят стимулы; наше знание о них в высшей степени теоретическое и абстрактное. Вместо этого они имеют ощущения, и в данном случае мы совершенно не обязаны считать, что ощущения обоих наблюдателей должны быть одними и теми же. (Скептики могут напомнить о том, что невосприимчивость к некоторым цветам никогда не отмечалась, пока Дж. Дальтон не описал в 1794 году.) Напротив, между воздействием на нас стимула и осознанием ощущения всегда имеет место множество процессов, протекающих в нервной системе.

То немногое, что мы знаем об этом с уверенностью, состоит в следующем: даже весьма различные стимулы могут вызывать одни и те же ощущения, и один и тот же стимул может вызвать очень разные ощущения; наконец, преобразование стимула в ощущение частично обусловлено воспитанием. Люди, воспитанные в различных обществах, ведут себя в некоторых случаях так, как будто они видят различные вещи. Если бы у нас не было искушения идентифицировать каждый стимул с соответствующим ощущением, то мы могли бы признать, что люди действительно воспринимают одни и те же вещи как различные.

Обратим внимание теперь на то, что две группы, члены которых систематически получают различные ощущения от одного и того же стимула, живут в некотором смысле в различных мирах. Мы говорим о существовании стимула, чтобы объяснить наши ощущения мира, и мы говорим о неизменности этих ощущений, чтобы избежать как индивидуального, так и социального солипсизма. Ни один из этих постулатов не требует с моей стороны никаких оговорок. Однако наш мир образуют прежде всего не стимулы, а объекты, являющиеся источниками наших ощущений, и они вовсе не обязаны быть одинаковыми, если мы будем переходить от индивидуума к индивидууму или от группы к группе. Конечно, в той степени, в какой индивидуумы принадлежат к одной и той же группе и таким образом имеют одинаковое образование, язык, опыт и культуру, мы вполне можем считать, что их ощущения одинаковы. Как иначе мы должны понять ту полноту их коммуникации и общность поведения, которой они отвечают на воздействие их среды? Они должны видеть вещи и обрабатывать стимулы во многом одинаково. Но там, где начинается дифференциация и специализация группы, мы не находим столь же очевидного подтверждения неизменности ощущения. Как я подозреваю, просто ограниченность взгляда заставляет нас полагать, что переход от стимула к ощущению одинаковых для членов всех групп.

Возвращаясь теперь вновь к образцам и правилам, я хочу предложить, хотя и в предварительном порядке, следующее. Одно из фундаментальных вспомогательных средств, с помощью которых члены группы, будь то целая цивилизация или сообщество специалистов, включенное в нее, обучаются видеть одни и те же вещи, получая одни и те же стимулы, заключается в показе примеров ситуаций, которые их предшественники по группе уже научились видеть похожими одна на другую и непохожими на ситуации иного рода. Эти сходные ситуации представляют собой цепь следующих одно за другим сенсорных представлений об одном и том же индивидууме, скажем о матери, о которой мы, безусловно, знаем, как она выглядит и чем отличается от отца или сестры. Это могут быть представления о членах есте-

ственных групп, скажем о лебедях, с одной стороны, и гусях—с другой. Для членов более специализированных групп это могут быть примеры ситуаций Ньютона, то есть ситуаций, которые сходны благодаря подчинено того или иного варианта символической формуле F=ma и которые отличаются от тех ситуаций, в которых применяются, например, законы оптики.

Допустим, что положение именно таково. Можем ли мы сказать, что то, что взято из образцов, представляет собой правила и способность их применять? Такой способ описания соблазнителен потому, что наше видение ситуации как похожей на те, с которыми мы сталкивались прежде, должно быть результатом нервных процессов, полностью управляемых физическими и химическими законами. В этом смысле, как только мы научились производить такое отождествление ситуаций, нахождение сходства должно стать таким же полностью автоматическим процессом, как и биение наших сердец. Но сама эта аналогия наводит на мысль, что такое узнавание может быть также непроизвольным, то есть процессом, который нами не контролируется. Но если это так то мы не можем с полной уверенностью считать, что управляем этим процессом благодаря применению правил и критериев. Описание его в этих терминах означает, что мы имеем в своем распоряжении следующие альтернативы: например, мы можем не повиноваться правилу, или неверно использовать критерий, или экспериментировать, используя какой-то другой способ видения 13. Я считаю, что это как раз то, чего мы не можем себе позволить.

Или, более точно, мы не можем делать этого до того как мы получили ощущение, восприняли что то. А после мы часто вынуждены искать критерии и использовать их.

18 Практически никогда не возникала бы необходимость прибегать к подобным приемам, если бы все законы были похожи на законы Ньютона и все правила похожи на 10 заповедей. В этом случае выражение «нарушение закона» не имело бы смысла, а отрицание правил, по-видимому, не должно было бы подразумевать процесс, не управляемый законом. К сожалению, законы уличного движения и другие продукты законодательства могут нарушаться и это легко приводит к беспорядку.

Кроме того, мы можем заняться интерпретацией, представляющей собой сознательный процесс, в котором мы выбираем ту или иную альтернативу, чего мы не делаем в самом процессе непосредственного восприятия. Возможно, например, что-то покажется странным в том, что мы видели (вспомните измененные игральные карты). Например, огибая угол дома, мы видим мать, входящую в магазин в тот момент, когда мы думали, что она дома. Размышляя над тем, что мы видели, мы вдруг восклицаем: «Это была не мать, ведь у нее рыжие волосы!» Входя в магазин, мы видим женщину снова и не можем понять, как можно было обознаться, приняв ее за свою мать. Или, например, мы увидели хвостовое оперение водоплавающей птицы, ищущей корм в пруду. Что это лебедь или гусь? Мы раздумываем над тем, что увидели, мысленно сравнивая хвостовое оперение птицы с оперением тех лебедей и гусей, которых мы видели раньше. Или мы можем оказаться такими архиучеными, что захотим узнать какие-либо общие характеристики (белизну лебедей, например) членов семейств животных, которых мы и без этого могли легко распознать по общему облику. В этом случае также мы размышляем над тем, что восприняли раньше, отыскивая то общее, что имеют между собой члены данной группы.

Все эти процессы являются мыслительными, и в них мы отыскиваем и развертываем критерии и правила, то есть стараемся интерпретировать уже имеющиеся ощущения, анализировать то, что является для нас данным. Как бы мы это ни делали, процессы, включенные в этот анализ, должны быть в конечном счете процессами нервными и, следовательно, управляемыми теми же самыми физико-химическими законами, которые регулируют восприятие, с одной стороны, и биение наших сердец-с другой. Но тот факт, что система подчиняется тем же самым законам во всех | трех случаях, не дает основания полагать, что наш нервный аппарат запрограммирован таким образом, что будет действовать при интерпретации точно так же, как в процессе восприятия или как, скажем, при управлении работой нашего сердца. То, против чего

выступал в этой книге, состоит, следовательно, в попытке, ставшей традиционной после Декарта (но не ранее), анализировать восприятие как процесс интерпретации, как бессознательный вариант того, что мы делаем после акта восприятия.

Целостность восприятия заслуживает особого внимания, конечно, благодаря тому, что столь существенная часть прошлого опыта воплощена в нервной системе, которая преобразует стимулы в ощущения. Механизм восприятия, запрограммированный подобающим образом, имеет существенное значение для выживания. Говорить, что члены различных групп могут иметь различные восприятия, встречая одни и те же стимулы, новее не означает, что у них вообще могут быть любые восприятия. Во многих вариантах среды группа, которая не могла бы отличить волков от собак, перестала бы существовать. Не могла бы существовать в настоящее время группа физиков-ядерщиков как самостоятельная научная группа, если бы ее члены не умели распознать траекторию альфа-частиц и траекторию электронов. Вот почему очень небольшое число способов видения выдерживает проверку в процессе их использования группой и заслуживает того, чтобы их передавали из поколения в поколение. Точно так же мы должны говорить об опыте и знании природы, воплощенном в процессе преобразования стимула в ощущение, именно потому, что они были отобраны как принесшие успех на протяжении некоторого исторического периода.

Возможно, что слово «знание» в данном случае неуместно, но некоторые основания для его использования есть. То, что «встроено» в нервные процессы, которые преобразуют стимулы в ощущения, имеет следующие характеристики: оно передается в процессе обучения; благодаря многочисленным испытаниям оно признано более эффективным, нежели конкурирующие варианты, имевшие место в процессе исторического развития среды, окружающей группу; и, наконец, оно подвержено изменениям как в процессе дальнейшего обучения, так и благодаря обнаружению несоответствия со средой. Все это характеристики знания, и они оправдывают то, что я использую именно этот термин.

Но это необычное словоупотребление, поскольку одна из характеристик упущена. Мы не обладаем прямым доступом к тому, что знаем, никакими правилами или обобщениями, в которых можно выразить это знание. Правила, которые могли бы дать нам этот доступ, обычно относятся к стимулам, а не к ощущениям, но стимулы мы можем узнать только с помощью разработанной теории. Если такой теории нет, то знание, воплощенное в преобразовании стимула в ощущение, остается неявным.

Хотя эти рассуждения, очевидно, имеют предвари тельный характер и не обязательно должны быть строгими во всех деталях, тем не менее то, что только что было сказано об ощущениях, следует понимать буквально. По крайней мере это—гипотеза о видении, которую нужно было бы исследовать экспериментально, хотя, вероятно, прямой проверке она не поддается. Но подобные рассуждения о видении и ощущениях здесь также имеют метафорический характер, как, впрочем, и в самой книге. Мы видим не электроны, а, скорее, пути их прохождения или даже пузырьки пара в пузырьковой камере. Мы видим, вообще говоря, не электрический ток, а, скорее, колебания стрелки амперметра или гальванометра. Однако на предшествующих страницах, в частности в X разделе, я неоднократно поступал таким образом, словно мы непосредственно воспринимали теоретические сущности вроде токов, электронов и полей, словно мы научились их видеть, «осматривая образцы», и словно в таких случаях также были бы неверно говорить о критериях и интерпретации вместо того, чтобы говорить о видении. Метафора, которая переносит «видение» в контексты, подобные данным, едва ли может служить достаточным основанием для подобных претензий. В более серьезной и длительной работе было бы целесообразно отказаться от этой метафоры в пользу более строгого способа рассуждений.

Программа для вычислительной машины, о которой я упоминал выше, уже предлагает способы, которые могут быть использованы в этих целях, однако я не располагаю ни достаточным местом, ни достаточным уровнем понимания процессов, чтобы исключить

эту метафору уже сейчас[14]. Вместо этого я постараюсь хоть немного подкрепить ее. Видение капелек воды или стрелки около какого-то деления шкалы представляет собой примитивный опыт восприятия для человека, незнакомого с пузырьковыми камерами или амперметрами. Следовательно, этот опыт требует размышлений, анализа и интерпретации (а иногда, кроме того, вмешательства внешнего авторитета), прежде чем могут быть достигнуты выводы о существовании электронов или электрических токов. Но совершенно иной будет позиция человека, который знаком с соответствующими нструментами и имеет большой опыт работы с ними; в этом случае будут и другие способы интерпретировать стимулы, о которых он узнает с помощью инструментов. Если этот человек рассматривает пар от своего дыхания в морозный зимний день, то его ощущения могут быть точно такими же, как и у всех, но, глядя в пузырьковую камеру, он видит (в данном случае буквально) не капли пара, а треки электронов или альфа-частиц и т. д. Эти треки являются, если хотите, критериями того, что он интерпретирует как указания на наличие соответствующих частиц, но этот путь является и более коротким и иным по характеру, нежели

14 Для тех, кто читал «Second Thoughts», следующие замечания могут быть полезными. Возможность немедленного узнавания членов семейств животных зависит от существования (после возникновения нервных процессов) пустого перцептуального пространства между семействами, которые должны быть разграничены. Если бы, например, органы чувств свидетельствовали о непрерывном ряде водоплавающих птиц от гусей до лебедей, то мы были бы вынуждены ввести специфический критерий для их различения. То же самое можно отнести и к ненаблюдаемым сущностям. Если физическая теория не признает существования чего-либо подобного электрическому току, тогда для того, чтобы вполне удовлетворительно идентифицировать токи, нужно небольшое число критериев, которые могут значительно меняться от случая к случаю, даже если нет системы правил, определяющих необходимые и достаточные условия для идентификации. Эта точка зрения приводит к вполне правдоподобному выводу, который может оказаться еще более важным. Если дана система необходимых и достаточных условий для идентификации теоретической сущности, то эта сущность может быть исключена из содержания теории путем замены. Если же таких правил нет, то эти сущности исключить невозможно; теория, следовательно, требует их существования.

тот, который совершает человек, интерпретирующий появление капель.

Далее рассмотрим наблюдения ученого за амперметром, в процессе которых он определяет число, против которого остановилась стрелка. Ощущение ученого, видимо, идентично ощущениям дилетанта, особенно если последний до этого имел дело с другими видами измерительных приборов. Но ученый рассматривает (также часто буквально) измерительный прибор и контексте полной схемы и знает кое-что о его внутреннем устройстве. Для него положение стрелки является критерием, но критерием только оценки тока. Для такой интерпретации он должен лишь определить цену деления шкалы, в соответствии с которой должны читаться показания прибора. С другой стороны, для дилетанта положение стрелки является критерием лишь самого положения стрелки и ничем более. Чтобы интерпретировать это, он должен проверить весь набор проводов, внутренних и внешних, провести эксперименты с батареями, магнитами и т. д. В переносном смысле не меньше, чем в буквальном, при использовании термина «видение» интерпретация начинается там, где кончается восприятие. Эти два процесса не являются идентичными, и то, что восприятие оставляет для интерпретации, решительным образом зависит от характера и объема предшествующего опыта и тренировок.

5. Образцы, несоизмеримость и революции

Все сказанное дает основу для выяснения еще одного аспекта книги, связанного с моими замечаниями относительно несоизмеримости и ее последствий для ученых, обсуждающих выбор между сменяющими одна другую теориями 15. В X и XII разделах я показал, что участники таких дискуссий неизбежно по-разному воспринимают те или иные экспериментальные и наблюдаемые

*5 Эти вопросы рассматриваются более детально в V и VI разделах «Reflections».

ситуации, к которым каждый из них обращается. Однако, поскольку лексика, посредством конторой они обсуждают такие ситуации, состоит в основном из одних и тех же терминов, они должны по разному ставить некоторые из этих терминов в соответствие с самой природой, и их коммуникация неизбежно оказывается неполной. В результате превосходство одной теории над другой не может быть окончательно установлено в процессе таких обсуждений. Вместо этого, как я уже подчеркивал, каждый участник пытается, руководствуясь своими убеждениями, «обращать в свою веру» других. Только философы серьезно исказили действительные намерения этой части моей аргументации. Некоторые из них изложили мою точку зрения следующим образом16: сторонники несоизмеримых теорий не могут общаться друг с другом вообще; в результате при обсуждении вопроса о выборе теории бессмысленно апеллировать к надежным основаниям; вместо этого теория должна быть выбрана, исходя в конечном счете из личных и субъективных соображений; за фактически достигнутое решение несет ответственность некоторый вид мистической апперцепции. Те места в моей книге, на которых основывались эти домыслы, более, чем другие части книги, послужили поводом для обвинений в иррациональности.

Рассмотрим в первую очередь замечания относительно доказательства. Этот вопрос, который я уже пытался рассмотреть, довольно простой и давно известен в философии науки. Вопрос относительно выбора теории не может быть облечен в форму, которая полностью была бы идентична логическому или математическому доказательству. В последнем предпосылки и правила вывода определены с самого начала. Если есть расхождения в выводах, то участники обсуждения, между которыми возникают споры, могут проследить ход мысли шаг за шагом, сличая каждое продвижение с первоначальными условиями. В конце этого процесса один или другой из участников спора должен

16 См. работы, указанные в сноске 9, а также очерк С. Тулмина «Growth of Knowledge»..

признать, что он допустил ошибку, нарушив ранее принятое правило. После такого признания он не может уже продолжать спор, и доказательство приобретает принудительную силу. Лишь тогда, когда оба участника спора обнаруживают, что они расходятся по вопросу о значении или применении исходных правил и что их прежнее согласие не дает достаточного основания для доказательства, лишь тогда спор продолжается в той форме, которую он неизбежно приобретает в период научных революций. Это спор о предпосылках, и формой его является убеждение как прелюдия к возможности доказательства.

Этот относительно известный тезис вовсе не предполагает ни того, что нет надежных оснований для убеждений, ни того, что эти основания якобы не являются окончательно решающими для группы. Это даже не означает, что основания для выбора отличаются от тех, которые обычно перечисляются философами науки: точность, простота, результативность и тому подобное. Однако наши рассуждения предполагают, что такие основания функционируют как ценности и что они, таким образом, могут применяться по-разному, в индивидуальных и коллективных вариантах, людьми, которые (каждый по-своему) отдают им должное. Если два человека расходятся, например, в оценке относительной результативности их теорий или если они соглашаются в этом, по по-разному оценивают эту относительную результативность и, скажем, пределы возможного выбора теории, то ни одного из них нельзя обвинить в ошибке. Взгляды того и другого являются научными. Нет никакого нейтрального алгоритма для выбора теории, нет систематической процедуры принятия решения, правильное применение которой привело бы каждого индивидуума данной группы к одному и тому же решению. В этом смысле скорее именно сообщество специалистов, а не его индивидуальные члены дает эффективное решение. Чтобы понять, почему наука развивается, а в этом нет сомнения, нужно не распутывать детали биографий и особенностей характеров, которое приводят каждого индивидуума к тому или иному частному выбору теории, хотя этот вопрос сам по

себе весьма интересен. Следует уяснить способ, посредством которого специфическая система общепринятых ценностей взаимодействует со специфическими опытными данными, признанными сообществом специалистов с целью обеспечить гарантии, что большинство членов группы будет в конечном счете считать решающей какую-либо одну систему аргументов, а не любую другую. Процесс, посредством которого это достигается, есть убеждение, но он таит в себе и более глубокую проблему. Два человека, которые воспринимают одну и ту же ситуацию по-разному, но тем не менее используют в дискуссии одну и ту же лексику, видимо, по-разному используют слова, то есть разговаривают, руководствуясь тем, что я назвал несоизмеримыми точками зрения. Каким образом они могут надеяться вести друг с другом дискуссию, тем более как могут они надеяться друг друга убедить? Даже предварительный ответ на этот вопрос требует дальнейшей конкретизации характера отмеченной нами трудности. Я полагаю, что по крайней мере частично ответ должен иметь следующий вид.

Исследования в нормальной науке зависят от почерпнутой из образцов способности группировать объекты и ситуации в сходные между собой системы. Эти системы примитивны в том смысле, что группировка объектов и ситуаций производится без ответа на вопрос: «По отношению к чему их можно рассматривать как сходные?» Один из важнейших аспектов любой революции состоит, далее, в том, что некоторые из отношений сходства изменяются. Объекты, которые до революции были сгруппированы в одну и ту же систему, группируются после нее в различные системы, и наоборот. Вспомните, каковы были представления о Солнце, Луне, Марсе и Земле до и после Коперника; о свободном падении, колебании маятника и движении планет до и после Галилея; о составе солей, о сплавах и о характере смеси порошков серы и железа до и после Дальтона. Поскольку большинство объектов даже в измененных совокупностях остаются сгруппированными вместе, названия последних обычно сохраняются. Тем не менее в области взаимоотношений между

ними обычно часть критических изменений приходится на долю переноса подсистем из одной совокупности в другую. Перемещение металлов из группы соединений в группу элементов играло существенную роль в возникновении новой теории горения, кислотности, физического и химического соединения, и вскоре эти изменения отразились так или иначе на всех разделах химии. Следовательно, нет ничего удивительного в том, что после того, как произошло подобное перераспределение, двое ученых, которые прежде могли обсуждать проблемы с полным взаимопониманием, вдруг обнаруживают, что они по-разному описывают и обобщают одно и то же наблюдаемое явление. Эти трудности будут ощущаться не во всех сферах даже их специального научного обсуждения, но они все же возникнут и затем наиболее интенсивно будут концентрироваться вокруг тех явлений, от которых в первую очередь зависит выбор теории.

Такие проблемы, хотя они впервые становятся явными в общении, нельзя считать чисто лингвистическими. Они не могут быть разрешены простым уточнением условий при определении беспокоящих ученого терминов. Поскольку слова, вокруг которых группируются трудности, усваиваются частично благодаря непосредственному приложению их к образцам, постольку ученые, участвующие в преобразовании привычных схем коммуникации, не могут сказать: «Я использую слово «элемент» (или «смесь», или «планета», или «свободное движение») в значении, определяемом следующими критериями». Иными словами, они не могут прибегнуть к какому-то нейтральному языку, который оба использовали бы одинаково и который хорошо соответствовал бы формулировкам их теорий или даже эмпирическим следствиям теорий, выдвигаемых каждым из них. Частично эти различия существуют до применения языков, в которых они тем не менее находят свое отражение.

Люди, испытывающие ломку подобных коммуникаций, должны иметь, однако, какой-то выход из создавшегося положения. Стимулы, которые на них воздействуют, одинаковы. Они имеют общие механизмы

нервной системы, хотя и запрограммированной по-разному. Более того, за небольшим (хотя и очень важным) исключением, сфера опыта даже в программировании их нервной системы, очевидно, почти совершенно одинакова, поскольку они имеют общую историю, если не считать непосредственного прошлого. В результате их обыденный мир, большая часть их научного мира и язык являются общими для них. Если все это для них является общим, то ясно, что они в состоянии узнать побольше о том, чем они различаются. Однако технические средства, необходимые для исследований, не являются ни простыми, ни удобными и не представляет собою часть арсенала нормальной науки. Ученые редко в полной мере осознают их природу и редко используют их дольше, чем требуется для того, чтобы перейти К другим техническим средствам или убедиться, что они не дают ожидаемых результатов.

Короче говоря, все, чего могут достигнуть участники процесса ломки коммуникации, это осознать друг друга как членов различных языковых сообществ и выступить затем в роли переводчиков с одного языка на другой17. Рассматривая различия между их подходами, имеющими место внутри группы и между группами, как самостоятельный предмет, заслуживающий изучения, участники этого процесса могут прежде всего пытаться определить термины и выражения, которые, хотя и используются с полной уверенностью в каждом научном сообществе, оказываются тем не менее средоточием всех межгрупповых дискуссий. (Выражения, которые не несут с собой подобных трудностей, могут быть тут же адекватно переведены.) Выделив такие сферы трудностей в научных коммуникациях,

17 Классическим источником для наиболее удачных аспектов подобного перевода является книга У. Куайна: W. V. O. Q u i n e. Word and Object. Cambridge, Mass.—N. Y., 1960, chaps. I, II, Но Куайн, видимо, полагает, что два человека, испытывающие одно и то же воздействие, должны иметь и одинаковое ощущение, и поэтому мало говорит о степени, в которой переводчик должен быть способен описать мир, к которому применяется язык, требующий перевода. Об этом последнем моменте см.: E. A. N i d a. Linguistics and Ethnology in Translation Problems, in: D. Hymes (ed.). Language and Culture in Society. N. Y., 1964, p. 90—97.

они могут затем, обратиться к общему для них житейскому словарю с тем, чтобы постараться далее выяснить причину своих трудностей. То есть каждый может попытаться обнаружить, что бы другой увидел и сказал, столкнувшись со стимулом, на который он сам словесно реагировал бы совсем иначе. Если они могут достаточно твердо воздерживаться от объяснения аномалии поведения как следствия просто ошибки или безумия, то они могут с течением времени очень хорошо предсказывать поведение друг друга. Каждый будет обучен переводить теорию другого и ее следствия на свой собственный язык и в то же время описывать на своем языке тот мир, к которому применяется данная теория. Это и составляет постоянную работу историка науки (или то, что ему надлежит делать), когда он обращается к исследованию устаревших научных теорий.

Перевод, если он убедительный, позволяет участвующим в ломке коммуникаций ощутить некоторые из достоинств и недостатков точек зрения друг друга. Поэтому перевод представляет собой мощное средство и для убеждения и переубеждения. Однако убедить удается не всегда, и даже если удается, то за этим не обязательно следует обращение к новой парадигме. Два восприятия не одинаковы, и всю важность этого факта я сам полностью осознал только недавно.

Я считаю, что убедить кого-либо — это значит внушить ему, что чье-то мнение обладает превосходством и может заменить его собственное мнение. По многим вопросам это достигается иногда без обращения за помощью к чему-либо вроде перевода. Если нет такого перевода, то многие объяснения и постановки проблем, одобренные членами одной научной группы, могут быть непонятными для другой. Но каждое сообщество, объединяемое определенным языком, обычно сначала могли добиваться конкретных результатов в исследовании, которые (хотя их можно описать в терминах, понятных для другого сообщества) тем не менее не смогут быть поняты другим сообществом в его собственных терминах. Если новая точка зрения выдерживает испытания временем и остается по-прежнему плодотворной, то вполне

вероятно, что результаты исследования, облекаемые с ее помощью в словесную форму, будут становиться все более обильными. Для некоторых ученых эти результаты будут сами по себе решающими. Они могут сказать:«Я не знаю, как сторонники новой точки зрения достигли успеха, но я должен учиться; что бы они ни делали, они, очевидно, правы». Такой ответ особенно легко дают те, кто только овладевает своей профессией, так как они еще не освоили специального словаря и предписаний той или другой группы.

Однако аргументы, которые могут быть сформулированы при помощи словаря, используемого обеими группами одним и тем же способом, обычно не являются решающими; по крайней мере так обстоит дело до самых последних стадий эволюции противоборствующих мнений. Среди тех ученых, кто уже допущен в профессиональное сообщество, немногие будут поддаваться убеждению без обращения к более широким сравнениям, оказавшимся возможными благодаря переводу. Хотя за это приходится часто расплачиваться чрезвычайно длинными и сложными предложениями (вспомните дискуссию между Прустом и Бертолле, в которой они не прибегали к понятию «элемент»), многие дополнительные результаты исследований можно перевести с языка одного сообщества на язык другого. По мере того как осуществляется перевод, некоторые члены того и другого сообщества могут также начать косвенно понимать, каким образом предложение, ранее непонятное, могло казаться объяснением для членов противостоящих групп. Наличие приемов, подобных этим, конечно, не гарантирует убеждения. Для большинства людей перевод представляет собой процесс, угрожающий и совершенно не свойственный нормальной науке. В любом случае можно найти контраргументы, и не существует правил, которые бы предписывали, каким образом следует нарушать равновесие. Тем не менее, по мере того как аргументы громоздятся на аргументы и один вызов успешно опровергается вслед за другим, только слепое упрямство может в конечном счете объяснить продолжающееся сопротивление.

В связи с этим становится чрезвычайно важным второй аспект перевода, давно известный историкам и лингвистам. Перевести теорию или представление о мире на язык какого-то научного сообщества это не значит еще сделать ее принадлежностью данного сообщества, поскольку ее надлежит перенять, раскрыть, как она мыслится и работает, а не просто «переложить» с одного языка на другой, с языка, который был раньше чужим. Однако это не такой переход, который отдельный индивид по своему усмотрению может осуществить, а может и не осуществлять, на основе размышления и выбора (какими бы надежными ни были при этом его мотивы). Все обстоит иначе. Пока он учится переводить теорию с одного языка на другой, в один прекрасный день он вдруг обнаруживает, что переход уже осуществлен, что он уже перешел на новый язык, не успев принять по этому поводу никакого сознательного решения. В некоторых случаях, подобно многим, кто впервые познакомился с теорией относительности или квантовой механикой в зрелом возрасте, человек чувствует себя совершенно убежденным в этой новой точке зрения, но тем не менее не способен «сжиться» с ней, чувствовать себя как дома в том мире, который эти теории помогают создать. Своим разумом такой человек уже сделал свой выбор, но еще не совершилось «обращение», которое необходимо, чтобы этот выбор стал эффективным. Он может тем не менее использовать новую теорию, но будет вести себя так, как человек, попавший в незнакомую ему страну, и альтернативный способ рассуждений станет ему доступным только потому, что есть местные жители, для которых этот способ — свой. Его работа) становится по отношению к ним паразитической, так как ему недостает набора готовых мыслительных схем, которые будущие члены сообщества приобретут в процессе образования.

Опыт, который переубеждает человека и который я сравнил с переключением гештальта, составляет, таким образом, сердцевину революционного процесса в науке. Мотивы для переубеждения обеспечивают достаточные основания для выбора теории и создают тот климат, в котором это вероятнее всего происходит. Перевод может,

кроме того, обеспечить условия для преобразования программы работы нервной системы, которая должна стать основой переубеждения, хотя на настоящем уровне наших знаний мы еще не можем знать, как это происходит. Но ни достаточные основания, ни перевод с одного языка на другой не обеспечивают переубеждения. Это такой процесс, который мы должны объяснить, чтобы понять важную форму изменений в научном знании.

6. Революции и релятивизм

Одно из следствий моей только что изложенной позиции вызвало особое беспокойство ряда моих критиков 18. Они находят мою точку зрения релятивистской, в особенности в том виде, в каком она развернута в последнем разделе книги. Мои замечания относительно перевода выдвигают на первый план основания для обвинения. Сторонники различных теорий подобны, вероятно, членам различных культурных и языковых сообществ. Осознавая этот параллелизм, мы приходим к мысли, что в некотором смысле могут быть правы обе группы. Применительно к культуре и к ее развитию эта позиция действительно является релятивистской.

Но этого не может быть, когда речь заходит о науке, и уж во всяком случае такая точка зрения далека от того, чтобы быть просто релятивизмом. Это связано с тем аспектом моей теории, который его критики оказались не в состоянии разглядеть. Ученые-исследователи в развитой науке, если их рассматривать как группу или в составе группы, являются, как я показал, в основном специалистами по решению головоломок. Хотя та система ценностей, которую они применяют при каждом выборе теории, вытекает так -же хорошо и из других аспектов их работы, все же обнаруживаемая исследователями способность формулировать и решать головоломки, которые они находят в природе, остается в случае противоречия в ценностях главным критерием для большинства

18 S h a p e r e. Structure of Scientific Revolution, и Поппер в «Growth of Knowledge»,

членов научной группы. Подобно любой другой ценности, способность к решению головоломок оказывается неопределенной при применении. Два человека, обладающие такой способностью, могут тем не менее приходить в процессе ее использования к различным суждениям. Но поведение сообщества, для которого эта способность является определяющей, будет весьма отличаться от поведения другого сообщества, которое живет по другим нормам. Я думаю, что в науке приписывание высшей ценности способности к решению головоломок имеет следующие последствия.

Вообразите разветвляющееся дерево, представляющее развитие современных научных дисциплин из их общих корней, которыми служат, скажем, примитивная натурфилософия и ремесла. Контуры этого дерева, ветвящегося всегда в одном направлении от ствола и до верхушки каждой ветви, будут в таком случае символизировать последовательность теорий, происходящих одна от другой. Рассматривая любые две такие теории, выбранные в точках, не слишком близких от их источника, было бы легко составить список критериев, который дал бы возможность беспристрастному наблюдателю отличить более раннюю теорию от более поздней в каждом отдельном случае. Среди наиболее плодотворных критериев будут, например, точность предсказания, особенно количественного предсказания, равновесие между эзотерическим и обычным предметами исследования; число различных проблем, которые удалось решить данной теории. Менее плодотворными для этой цели факторами, хотя также важными и определяющими научную жизнь, были бы такие критерии, как простота, широта охвата явлений и совместимость с другими специальностями. Подобные списки еще не те, которые нужны, но я нисколько не сомневаюсь, что они могут быть дополнены. Если это так, то научное развитие, подобно развитию биологического мира, представляет собой одно направленный и необратимый процесс. Более поздние научные теории лучше, чем ранние, приспособлены для решения головоломок в тех, часто совершенно иных условиях, в которых они применяются. Это не релятивистская

позиция, и она раскрывает тот смысл, который определяет мою веру в научный прогресс.

Однако по сравнению с тем понятием прогресса, которое заметно превалирует как среди философов науки, так и среди дилетантов, этой позиции недостает одного существенного элемента. Новая научная теория обычно представляется лучшей, чем предшествующие ей, не только в том смысле, что она оказывается более совершенным инструментом для открытий и решений головоломок, но также и потому, чго она в каком-то отношении: дает нам лучшее представление о том, что же в действительности представляет собой природа. Часто приходится слышать, что следующие друг за другом теории всегда все больше и больше приближаются к истине. Очевидно, что обобщения, подобные этим, касаются не решения головоломок и не конкретных предсказаний, вытекающих из теории, а, скорее, ее онтологии, то есть соответствия между теми сущностями, которыми теория «населяет» природу, и теми, которые в ней «реально существуют».

Возможно, что есть какой-то путь спасения понятия «истины» для применения его к целым теориям, но, во всяком случае, не такой, какой мы только что упомянули. Я думаю, что нет независимого ни от какой теорий способа перестроить фразы, подобные выражению «реально существует»; представления о соответствии между онтологией теории и ее «реальным» подобием а самой природе кажутся мне теперь в принципе иллюзорными. Кроме того, у меня как у историка науки сложилось впечатление о невероятности этого мнения. Я не сомневаюсь, например, что ньютоновская механика улучшает механику Аристотеля и что теория Эйнштейна улучшает теорию Ньютона в том смысле, что дает лучшие инструменты для решения головоломок. Но в их последовательной смене я не вижу связного и направленного онтологического развития. Наоборот, в некоторых существенных аспектах, хотя никоим образом не целиком, общая теория относительности Эйнштейна ближе к учению Аристотеля, чем взгляды того и другого к теории Ньютона. Хотя вполне понятно искушение охарактеризовать такую позицию как релятивистскую, это

мнение кажется мне ошибочным. И наоборот, если эта позиция означает релятивизм, то я не могу понять, чего не хватает релятивисту для объяснения природы и развития наук.

7. Природа науки

Я завершаю книгу кратким обсуждением двух видов повторяющихся время от времени реакций на ее основной текст. Одна из них является критической, другая хвалебной, но я думаю, что ни та ни другая не являются полностью верными. Хотя обе эти оценки не связаны ни с тем, о чем говорилось до сих пор, ни друг с другом, они явно преобладают в литературе, и этого достаточно для того, чтобы обе эти реакции заслуживали хотя бы какого-то ответа. Некоторые из тех читателей, которые ознакомились с первоначальным текстом моей книги, отметили, что я неоднократно перехожу от описательных форм изложения к нормативным, и наоборот. Подобный переход, в частности, отмечается в нескольких местах, начинающихся с фраз «Но в действительности ученые поступают иначе» и заканчивающихся заявлением, что ученым не следует это делать. Некоторые критики утверждают, что я путаю описание с предписанием, нарушая проверенную временем философскую теорему: «есть» не может предполагать «должно быть» [19].

Эта теорема стала фактически избитой фразой и нигде не пользуется больше уважением. Множество современных философов показали, что существуют также весьма важные контексты, в которых нормативные и описательные предложения переплетаются самым теснейшим образом[20]. «Есть» и «должно быть» никоим образом не бывают всегда разделены так, как это казалось. Но для пояснения того, что показалось запутанным в этом аспекте моей позиции, совершенно излишним будет вдаваться в тонкости современной лингвистической

---

[19] Один из многих примеров см. у П. Фейерабенда в его очерке из: «Growth of Knowledge».

[20] S. J a v e 11. Must We Mean What We Say? N. Y., 1969, ch. I

философии. На предшествующих страницах излагается точка зрения или теория, раскрывающая природу науки, и так же, как другие философские концепция науки, эта теория имеет следствия, раскрывающие тот путь, по которому должны следовать ученые для того, чтобы их предприятие было успешным. Хотя это не означает, что моя теория обязательно должна быть правильнее, чем любая другая, она дает законное основание для того, чтобы обосновать ряд различных «должен» и «следует». И наоборот, ряд причин для серьезного рассмотрения теории сводится к тому, что ученые, методы которых были удачно выбраны и развиты, фактически строили свои исследования так, как предписывала им теория. Мои описательные обобщения очевидны с точки зрения теории именно потому, что они также могут быть выведены из нее, тогда как с других точек зрения на природу науки они приводят к аномалиям.

Если этот аргумент и содержит в себе логический круг, то я не думаю, чтобы этот круг был порочным. Следствия, вытекающие из той или иной точки зрения после ее обсуждения, не исчерпываются теми предположениями, которые были выдвинуты с самого начала. Еще до того, как эта книга была впервые опубликована, я пришел к выводу, что некоторые элементы теории, которые излагаются в ней, представляют собой плодотворный инструмент для разработки приемов научного исследования и развития науки. Сравнение этого дополнения с основным текстом книги наводит на мысль, что она по-прежнему играет ту же роль. Не может быть, чтобы просто порочный логический круг мог оказаться таким полезным рабочим орудием.

Что касается положительных откликов о моей книге, мой ответ должен иметь иной характер. Ряд тех, кто получил удовольствие от чтения книги, дали благоприятные отзывы не столько потому, что она освещает науку, сколько потому, что ее главные тезисы показались им применимыми точно так же и ко многим другим областям. Я понимаю, что они имеют в виду, и мне не хотелось бы разочаровывать их в попытках расширения позиции, но тем не менее их реакция озадачила меня. В той мере, в какой книга обрисовывает развитие науки как

последовательность связанных между собой узами традиции периодов, прерываемую некумулятивными скачками, мои тезисы, без сомнения, широко применимы. Но так оно и должно быть, поскольку они заимствованы из других областей. Историки литературы, музыки, изобразительного искусства, общественного развития и многих других видов человеческой деятельности давно описали свои предметы исследования таким же образом. Периодизация, проводимая на основе революционных переломов в стиле, вкусах, организационной структуре, давно использовалась наряду с другими стандартными приемами исследования. Если я был в чем-то оригинальным при рассмотрении подобных понятий, то это следует отнести главным образом к применению их к наукам, то есть к областям, которые во многом развивались иначе. По-видимому, понятие парадигмы как конкретного достижения, как образца является вторым моим вкладом в разработку проблем развития науки. Я подозреваю, в частности, что некоторые всем известные трудности, окружающие понятие стиля в искусстве, могут исчезнуть, если картины художников рассматривать как моделируемые одна по другой, а не как написанные в соответствии с некоторыми отвлеченными канонами стиля21.

Однако в этой книге я был намерен рассмотреть и вопросы несколько иного плана, которых многие ее читатели не смогли отчетливо увидеть. Хотя научное развитие во многом сходно с развитием в других областях деятельности человека в большей степени, чем часто предполагается, тем не менее существуют и поразительные различия. Например, мы будем, видимо, недалеки от истины, если скажем, что науки (по крайней мере перейдя определенную точку в своем развитии) развиваются не таким образом, как любая другая область культуры (что бы мы ни думали о самом понятии развития).Одной из целей книги было рассмотрение таких различий и попытка объяснить их.

---

21 Об этом и других более широких вопросах, касающихся особенностей науки, см.: T. S. K u h n. Comment [on the Relations o(Science and Art]. — «Comparative Studies in Philosophy and History"', XI, 1969, p. 403-412,

Обратите внимание, например, на неоднократно подчеркиваемое выше отсутствие, или, как следовало бы теперь сказать, на относительный недостаток конкурирующих школ в развитых науках. Или вспомните мои замечания относительно того, до какой степени научное сообщество зависит от уникальной в своем роде аудитории и от узкого круга их идей. Вспомните также об собой природе научного образования, о решении головоломок как цели нормальной науки и о системе ценностей, которую развивает научная группа в период кризиса и его разрешения. В книге обращается внимание

на другие особенности, присущие науке. Ни одна из них не является характерной только для науки, но все вместе они характеризуют ее деятельность.

Относительно всех этих черт науке предстоит еще много узнать. Подчеркивая в самом начале этого дополнения необходимость изучения сообщества как структурной единицы в организации научной деятельности, закончу его, отмечая необходимость пристального, и прежде всего сравнительного, изучения соответствующих сообществ в других областях. Каким образом человек избирает сообщество, каким образом сообщество отбирает человека для участия в совместной работе, будь она научной или какой-то иной? Каков процесс социализации группы и каковы отдельные его стадии? Что считает группа в целом, как коллектив, своими целями? Какие отклонения от этих общих целей будет она считать допустимыми и как она устраняет недопустимые заблуждения? Более полное понимание науки будет зависеть также и от ответов на другие вопросы. Они принадлежат к сфере, в которой требуется большая работа. Научное знание, подобно языку, по своей внутренней сути является или общим свойством группы, или ничем вообще. Чтобы понять его, мы должны понять специфические особенности групп, которые творят науку и пользуются ее плодами.

ЧЕМ ИНТЕРЕСНА КНИГА Т. КУНА «СТРУКТУРА НАУЧНЫХ РЕВОЛЮЦИЙ»

Книга Томаса Куна «Структура научных революций»—самая известная из всех работ по истории науки, вышедших на Западе в последние десятилетия. Это бесспорно и уже само по себе привлекает внимание, тем более что речь идет не о книге, где захватывающе и доступно излагаются события из истории науки, а о теоретическом труде, который требует от читателя большой работы мысли и специальных знаний. Книга Т. Куна вызвала огромный интерес не только историков науки, но также философов, социологов, психологов, изучающих научное творчество, и многих естествоиспытателей различных стран миря.

Эта небольшая монография, впервые выпущенная Чикагским университетом (США) в 1962 году, была переведена на многие языки. В 1970 году в США вышло ее второе, дополненное издание. С тех пор появилось множество публикаций, где так или иначе интерпретируется, используется, излагается или критикуется концепция Куна. Вряд ли можно назвать другое историко-научное исследование, о котором было бы столько споров и которое породило бы такое количество откликов. Список литературы, посвященной рассмотрению взглядов Куна, содержит не одну сотню названий.

Некоторые авторы, излагая концепцию Куна, часто сводят ее содержание к доказательству наличия в развитии науки нормальных и революционных периодов. Однако сама по себе эта мысль не нова, ее выдвигали многие историки науки до Куна, она давно и основательно разработана в марксистской концепции развития науки. Не использовались лишь слова «парадигма», «нормальная наука», «экстраординарное исследование»

и т. п. Разумеется, от введения этих новых понятий мало что меняется, и, если бы вклад Куна в разработку вопросов истории науки ограничивался только этим, его книга никогда не имела бы большого влияния. Но тогда что же вызвало к ней такой интерес, который не ослабевает, несмотря на то что со времени выхода книги Куна прошло пятнадцать лет?

Предисловия или послесловия существуют не для того, чтобы кратко пересказать содержание книги. Мы исходим из того, что читатель прочел книгу и составил себе представление о сути концепции Куна. Свою задачу мы видим в том, чтобы расширить представления читателя о тех вопросах, о которых идет речь в книге, помочь ему увидеть ее место в ряду исследований о развитии науки.

Первое, что приходит на ум, когда пытаешься понять, чем объясняется исключительный интерес к книге Куна во всем мире, это удивительная своевременность ее появления. Действительно, никогда прежде не было такого огромного интереса к науке, ко всему, что связано с ее развитием, у самого широкого круга людей, как с середины нашего века, когда развернулась научно-техническая революция и стали особенно очевидны мощь и всепроникающее влияние прогресса науки и техники на все стороны жизни.

Когда говорят, что какая-то идея, теория, учение и т, п. упали на подготовленную почву, удивительно счастливо совпали с потребностями времени, не всегда задумываются над причинной связью этого явления именно с данным временем. Ведь то или иное учение не существует в отрыве от времени: учение—само по себе, а время — само по себе. Вопросы, на которые отвечает новая теория, учение и. т.п, всегда поставлены временем. В книге Куна читатель легко улавливает это влияние эпохи.

Но дело не только в этом. Среди очень полезных и важных книг по истории науки книга Куна занимает особое место.Она не ограничивается описанием тех или иных событий, а является изложением определенной об-

щей концепции развития науки. Эта концепция несовершенна, не отвечает на многие вопросы, но она решительно порвала с целым рядом старых традиций в анализе Науки и так ярко, по-новому и выразительно поставила некоторые проблемы, потребность в решении которых осознавалась многими, что не могла не быть сразу замеченной. Этому, помимо сказанного, способствовали еще два существенных обстоятельства.

Первое. В конце XIX и в первые десятилетия XX века господствующим течением в буржуазной философии был позитивизм, претендовавший на роль философии науки. Позитивизм, который претенциозно противопоставлял себя диалектическому материализму и отвергал его как «метафизику» и натурфилософию, на деле оказался совершенно несостоятельным и непригодным для выяснения важнейшей проблемы — процесса возникновения нового знания. Весь анализ науки он свел к анализу логических форм готового знания (к тому же выхолостив его содержательную сторону) и логическому анализу научных процедур. Как муравей, исползавший вдоль и поперек скульптуру, не может составить себе ее образ, так и позитивизм при всем его изощренном аппарате логического анализа не смог ничего дать для понимания механизма развития науки. К середине нашего столетия это стало очевидным для многих, и наступило разочарование в позитивизме. Последний потерял свою привлекательность, которой он пользовался прежде среди значительной части западных философов и естествоиспытателей. Хотя сторонников позитивизма в той или иной форме на Западе, особенно в англоязычных странах, еще немало, кризис позитивизма стал фактом.

И вот в это время появляется книга Т. Куна, который не только открыто порывает с позитивистской традицией, но, что много важнее, выдвигает принципиально иной подход к анализу развития науки. Обратим внимание читателя на тот путь, который привел Куна к этому. В университете своей специальностью он избирает теоретическую физику, но, помимо этого, издавна интересовался так называемой «философией науки». Для американских студентов 40—50-х годов на-

шего века этот термин (кстати, введенный именно позитивистами), можно сказать, был синонимом позитивизма. Во всяком случае, под ним понималась позитивистская концепция науки и ее развития. Однако ознакомление с историей физики во время прохождения аспирантуры, по словам Куна, в корне подорвало, к полному его удивлению, некоторые из основных его представлений о природе науки и ее развитии, почерпнутые из позитивистской философии науки. Более того, он приходит к выводу о ее несостоятельности и несоответствии действительности. И тогда Кун круто меняет свои научные планы. Он оставляет теоретическую физику и приступает к исследованию истории физики. Его внимание особенно привлек XVII век—период первой великой научной революции и становления науки нового времени. В 50-е годы появляются его статьи по истории науки, а в 1957 году выходит его книга «Коперниканская революция».

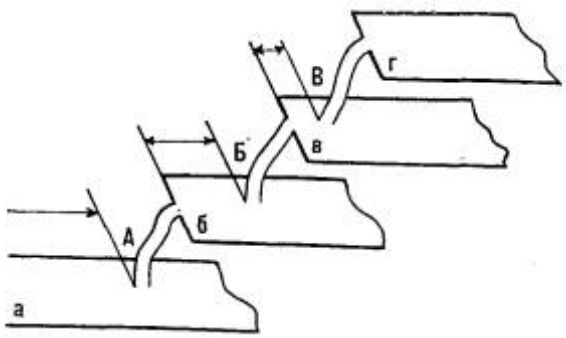
Теперь, обогащенный знанием истории науки, Кун вернулся к вопросу о природе науки и общих закономерностях ее функционирования и прогресса. Он проделал, таким образом, путь от философии науки к истории науки, а от нее, вернее через нее, к формулированию общей концепции развития науки. В результате и появилась книга «Структура научных революций».

В противоположность позитивистской традиции в центре внимания Куна не анализ готовых структур научного знания, а раскрытие механизма трансформации и смены ведущих представлений в науке, то есть, по существу, движения научного знания. Не говоря пока о том, в какой мере Куну удалось решить эту проблему, ознаменовавшую крутой поворот в самой постановке исследовательской задачи, отметим, что Кун исходит не из той или иной философской схемы, а из изучения истории науки, то есть из изучения реального процесса движения научного знания. Кун приходит к убеждению, что путь к созданию подлинной теории науки проходит через изучение истории науки. Нужно, однако, иметь в виду, что само по себе обращение к истории еще не гарантирует того, что в теории последовательно проводится исторический принцип.

Позитивисты рассекали науку и изучали отдельные ее элементы, как анатомы прошлого рассекали трупы и изучали отдельные органы, ткани и т. д. вне их связи с целым и их функциями в живом организме. Кун же видит науку как развивающееся, изменяющееся живое целое. Он возвращается к принципу историзма не просто в смысле обращения к истории, а как средству постижения исследуемых явлений.

Легко понять, что те ученые на Западе, которые мало знали о марксистской концепции развития науки, восприняли книгу Куна как возвращение после долгих блужданий по лабиринтам отвлеченных философских абстракций на твердую почву фактов, как дуновение свежего ветра. Главное же в том, что он выдвинул теорию, которая расширила поле исследования, вполне определенно сформулировала проблему изучения механизма смены научных теорий и роли научных революций в истории науки.

Второе. В историографии науки широко распространен так называемый кумулятивистский взгляд на науку. Особенно яркое выражение он получил в трудах известного французского историка науки Пьера Дюгема. Согласно этому взгляду, развитие науки представляется постепенным последовательным ростом однажды познанного, подобно тому как кирпичик к кирпичику наращивается прямая стена. Труд ученого в этом случае состоит в добывании кирпичиков-фактов, из которых рано или поздно возводится здание науки, ее теории. По Дюгему, истоки любого вновь открытого факта или новой теории можно найти в прошлом, стоит только как следует покопаться в нем. По существу, такой подход признает лишь рост науки, но отвергает ее подлинное развитие: научная картина мира не изменяется, а только расширяется. Исходя из этой концепции, Дюгем, например, отрицал, что периоды Возрождения и Нового времени были переломными этапами в развитии науки и что науки в эти периоды имели качественные особенности, принципиально отличавшие их, например, от средневекового научного знания. Практически это выразилось в том, что историки науки вместо анализа особенностей нового знания и путей


А
Б
В
а
б
в
г

каких условиях происходит переход от экстенсивного развития науки к интенсивному»[1].

Только по чистой случайности в тексте не фигурирует термин «научные революции», широко принятый в советской философской и историко-научной литературе, хотя его синонимов в нем более чем достаточно.

Новым в толковании научной революции у Куна является разработка понятия «парадигма» и ее роли в движении науки. Парадигма, по Куну, это не только теория, но и способ действования в пауке, или, как он называет, модель, образец решения исследовательских задач. Позднее, в связи с тем что понятие парадигмы вызвало толкование, неадекватное тому, какое ему придавал Кун, он заменил его термином «дисциплинарная матрица» и тем самым еще более отдалил это понятие по содержанию от понятия теории и теснее связал его с механической работой ученого в соответствии с определенными правилами.

Ключевым понятием в концепции Куна, однако, является не парадигма, как об этом часто пишут, а понятие научного сообщества. Именно введение понятия научного сообщества наряду с представлением о характере так называемой нормальной пауки является самым оригинальным в концепции Куна. На них держится вся его теория. Научное сообщество в контексте его теории выступает как логический субъект научной деятельности. Ученый, согласно концепции Куна, может быть понят как ученый только по его принадлежности к научному сообществу, все члены которого придерживаются определенной парадигмы; последняя же в свою очередь характеризуется совокупностью знаний и особенностями подхода к решению научных проблем, принятых данным научным сообществом.

Таким образом, в противоположность так называемому интерналистскому, или имманентному, направлению в историографии науки, для представителей которого история науки— это лишь история идей, Кун через научное сообщество вводит в свою концепцию человека.

1 С. Р. Микулинский Методологические проблемы истории биологии.—«Вопросы философии», 1964, № 9, стр. 35—36.

Это дало ему возможность в известной мере выйти за пределы чисто имманентного толкования развития науки, в рамках которого он вел свою работу, и открыло новые возможности для объяснения механизма движения науки.

Если вдуматься в понятия парадигмы, научного сообщества и нормальной науки, как они формулируются Куном, то станет ясно, что его концепция не могла появиться 40—50 лет тому назад. Она могла возникнуть лишь с развитием так называемой «большой науки», с коллективным характером работы в ней, разделением труда, доводящим деятельность большого числа научных работников до выполнения только определенных функций и далеко не всегда имеющих ясное представление об исследовании в целом и т. д. В этом смысле теория Куна несет на себе печать современности и может служить — объективно, независимо от намерений автора—хорошим примером влияния социальных условий не просто на ускорение или замедление развития науки, а на саму внутреннюю, логическую структуру теории.

Книга Куна, как уже упоминалось нами, породила множество откликов и дискуссий. Одна из них, особенно примечательная, состоялась в Англии в 1969 году. В ней острой критике подверглись понятия и нормальной науки и революционных ситуаций. Это отразилось даже в названиях выступлений участников дискуссии: Дж. Уоткинс озаглавил свое выступление «Против «нормальной науки», К. Поппер—«Нормальная наука и ее опасности». Уоткинс высказывает сомнение в самом существовании нормальной науки, считая, что нормальная наука в понимании Куна не может породить научной революции'. Поппер согласен с тем, что нормальная наука существует, и считает, что она должна приниматься во внимание историками науки. Но если Кун рассматривает этот феномен как «нормальный», то Попперу он представляется «опасным» для науки и даже для на-

1 J.Watkins. Against «Normal Science». — In: «Criticism and the Growth of Knowledge». Edited by I. Lakatos and A. Musgrave Cambridge, 1970, p. 31.

щей цивилизации в целом[1]. Нормальная деятельность в науке в понимании Куна кажется его критикам скучной, неинтересной, не отражающей сути научного творчества, а потому очень трудно признать такой род деятельности естественным, нормальным, главным в истории науки. Возражения вызывает трактовка труда ученого в период нормальной науки как механической или даже алгоритмизированной деятельности. Точку зрения Куна защищает М. Мастерман в статье «Природа парадигмы»[2]. Она подчеркивает, что выступает не как историк или философ науки, а как ученый. Ее специальностью являются компьютеры. Мастерман не только не подвергает сомнению существование нормальной науки, но считает, что Кун, характеризуя ее, вычленил наиболее существенные черты фундаментальных, прикладных и технических исследований. Все эти формы исследования, полагает Мастерман, управляются привычкой, являются деятельностью по решению задач-головоломок и не содержат никаких грандиозных опровержений и фальсификаций. В этом Мастерман видит различие во взглядах Поппера и Куна и правоту Куна. Наука есть именно то, что Кун подразумевает под нормальной наукой, и такой наука и должна быть.

В критике понимания Куном нормальной науки можно выделить три направления. Во-первых, полное отрицание самого существования нормальной науки. По мнению некоторых, наука никогда бы не сдвинулась с места, если бы основной формой деятельности ученых была нормальная деятельность, как ее представляет Кун. Такой точки зрения придерживается Дж. Уоткинс. Он недоумевает, каким образом Кун, автор двух замечательных книг о научных революциях, пришел к отождествлению науки с периодами теоретического застоя, откуда появилось у него философское неприятие научных революций? Противоположность взглядов Куна и Поппера Уоткинс формулирует таким образом: то, что Кун считает

[1] K. R. Popper. Normal Science and its Dangers. — In: «Criticism...», p. 53.
[2] M.. Masterman. The Nature of a Paradigm.—In: «Criticism...»

нормальным и естественным для науки, Поппер рассматривает как антинаучный элемент; для Куна прекращение споров и дискуссий означает переход к подлинной науке, для Поппера—наоборот.

Уоткинс полагает, что такой скучной и негероической деятельности, как нормальная наука, предполагающей только кумулятивное накопление знания, вообще не существует; что из нормальной науки Куна не может вырасти революции. Свою точку зрения Уоткинс подтверждает сравнением нормальной науки с теологией: если бы наука была такой, какой ее изображает Кун, то она ничем бы не отличалась от теологии, не терпящей никакой критики и никаких сомнений. Кроме того, Уоткинс ссылается на историю науки и утверждает, что на протяжении очень длительных периодов времени нельзя бывает указать на какую-то одну господствующую парадигму. Это относится, например, к развитию учения о материи.

Второе направление в критике нормальной науки представлено К. Поппером. Он в отличие от Уоткинса не отрицает существования в науке такого периода, как нормальное исследование в понимании Куна. Поппер говорит, что различие между нормальной наукой и революционной практикой в науке, «может быть, не такое резкое, каким его делает Кун; тем не менее я готов признать, что в лучшем случае я лишь смутно представлял себе это различие и, далее, что это различие указывает на нечто имеющее большое значение» '. Поппер неоднократно подчеркивает, что в характеристике Куном нормальной науки отражен реально существующий и очень важный момент. Однако, считает Поппер, нормальная наука Куна не только не является нормальной, но и представляет опасность для самого существования науки. «Нормальный» ученый в представлении Куна вызывает у Поппера чувство жалости: его плохо обучали, он не привык к критическому мышлению, из него сделали догматика, он жертва доктринерства. На самом деле, полагает Поппер, хотя ученый и работает обычно

1 K. Popper. Normal Science and its Dangers.—In: «Criticism...», p. 52.

в рамках какой-то теории, при желании он может в любой момент выйти за эти рамки. Правда, при этом он окажется в других рамках, но эти другие рамки будут лучше и просторнее.

Согласно третьему направлению критики нормальной науки, предполагается, что нормальное исследование существует (в противоположность точке зрения Уоткинса), но оно не является основным для науки в целом (в противоположность мнению Мастерман). Оно также не представляет страшного зла, каким его считает Поппер. Не следует приписывать нормальной науке слишком большое значение—ни положительное, ни отрицательное. С. Тулмин, например, полагает, что научные революции случаются совсем не так уж редко, как может показаться на первый взгляд, и наука вообще никогда не развивается лишь путем накопления знаний. Научная революция совсем не является «драматическим перерывом в «нормальном», непрерывном функционировании науки: вместо этого она становится «единицей измерения» внутри самого процесса научного развития»[1]. Тулмин хочет сделать революцию менее революционной, а нормальную науку менее кумулятивной, сгладить между ними по возможности границу.

П. Фейерабенд полагает, что мнение Куна, будто развитие науки состоит в смене нормальных периодов революционными, неверно, что эти периоды накладываются друг на друга. «Кун прав постольку,—пишет Фейерабенд,—поскольку он заметил нормальный, или консервативный, или антигуманитарный, элемент. Это подлинное открытие. Он неправ, поскольку он неправильно представил отношение этого элемента к более философским (то есть критическим) процедурам. В соответствии с моделью Лакатоша я предполагаю, что правильное соотношение—это соотношение одновременности и взаимодействия. Я буду поэтому говорить о нормальном компоненте и философском компоненте науки, а не о нормальном периоде и революционном периоде»2.

1 S. T o u 1 m i n. Does the Distinction between Normal and Revolutionary Science Hold Water? — In: «Criticism...», p. 45.
2 P. Feyerabend. Consolation for the Specialist. — In: «Criticism...», p. 212.

По мнению Фейерабенда, нормальные элементы воплощаются в деятельности подавляющего большинства ученых. Но не они вносят в науку фундаментальные новшества. Фундаментально новое привносят те, кому удается сочетать нормальное исследование с экстраординарным, обязательно содержащим в себе философский компонент. Результатом является критика того, что прочно утвердилось в науке и может быть подвергнуто сомнению и опровержению только с помощью философской аргументации.

Не меньшие, если даже не большие, возражения вызывает интерпретация Куном научных революций. Критика в этом направлении сводится прежде всего к обвинениям в иррационализме. Здесь особенно активным оппонентом Куна выступает И. Лакатош. Он утверждает, например, что Кун «исключает всякую возможность рациональной реконструкции знания»[1], что с точки зрения Куна может быть только психология открытия, но не логика[2], что Кун нарисовал нам «в высшей степени оригинальную картину иррациональной замены одного рационального авторитета другим»3 и т. д. В противовес позиции Куна Лакатош разрабатывает свою методологию научно-исследовательских программ с целью предложить чисто логические критерии сравнения конкурирующих программ или парадигм.

Как видим, критики Куна основное внимание уделили его пониманию нормальной науки и проблеме рационального, логического объяснения перехода от старых представлений к новым. Однако в ряде случаев у критиков куновской концепции эмоции явно преобладают над анализом, а это не средство доказательства. Вряд ли кто-либо согласится с мнением Мастерман, которая сводит науку к тому, что Кун подразумевает под нормальным периодом ее развития. Достаточно бросить взгляд на историю науки, свидетельствующую о коренных изменениях научных представлений на протяжении ее развития, чтобы убедиться, насколько далека от дей-

1 I. La k a t o s. Falsification and the Methodology oi Scientific Research Programmes.— In: «Criticism...», p. 177.
2 Ibid., p. 173.
3 Ibid., p. 116.

ствительности точка зрения Мастерман. Не проясняет вопроса и «согласительная» линия Тулмина и Фейерабенда, а в значительной мере и Поппера, которые, по существу, смазывают проблему научных революций. Кун, несомненно, сумел разглядеть некоторые существенные черты научной деятельности в период между научными революциями, который он неудачно назвал нормальной наукой. В самой сущности науки заложена коренная трансформация знаний. Поэтому научные революции являются нормой ее развития, а следовательно, с не меньшим правом нормальными можно назвать и периоды научных революций. Неверно, однако, на этом основании говорить об истории науки как о непрерывной революции, к чему склоняется К. Поппер. Во-первых, это не соответствует реальности даже тогда, когда мы имеем в виду не только научные революции, ведущие к коренному изменению общей картины мира, но и революции в отдельных науках и отраслях. Во-вторых, подобный подход фактически ведет к отрицанию научных революций в качестве узловых, переломных моментов в истории науки. И наконец, в-третьих, такая точка зрения лишает исследователей развития науки ориентира в потоке исторических событий, позволяющего выделить в нем главные, определяющие. Сам термин «нормальная наука», введенный Куном, уже наталкивает на мысль, что аспект научной деятельности, обозначаемый этим термином, является наиболее характерным, типичным для науки в целом. И действительно. Кун высказывает мысль о том, что «нормальное» исследование отличает науку от других форм духовной деятельности человека, в то время как революционная трансформация сближает науку с искусством, политикой и т. д. Такой подход к вопросу нам не кажется верным. То, что Кун называет нормальной наукой, правильнее было бы называть периодом спокойного, эволюционного развития.

Кроме того. Кун явно сгустил краски, характеризуя особенности научной деятельности в период спокойного развития науки, и сильно сблизил ее с алгоритмизированной деятельностью, почти целиком лишив ее критического и творческого начала. Его можно понять. Это

делалось, несомненно, для того, чтобы сильнее подчеркнуть важную мысль о различии между задачами, решаемыми наукой в периоды ее эволюционного развития и в периоды научных революций. Но нельзя упускать из виду, что те коренные сдвиги, которые происходят во время научной революции, назревают и подготавливаются в предшествующий период, что между периодами спокойного, эволюционного развития и научной революцией существует прямая внутренняя связь. Они не независимы друг от друга, а вырастают друг из друга. Кун, несомненно, понимал связь этих периодов, но он не уделил должного внимания данному вопросу. В результате его концепция, задуманная для объяснения процесса исторического развития науки, на деле оказывается непоследовательной. Принцип историзма явно нарушен в ней.

Правда, в ряде мест Кун высказывает отдельные интересные, оригинальные соображения по этому поводу. Одно из них, например, следующее. Благодаря тому что в период «нормальной» науки ученые работают в соответствии с принятыми моделями, правилами действия, нормальная наука чрезвычайно чутко улавливает любые аномалии—несоответствия решений, полученных в результате исследования, ожиданиям, вытекающим из принятой теории. «Нормальная» наука, таким образом, выступает как очень чуткий прибор по обнаружению аномалий. А поскольку аномалии—сигнал о неблагополучии в принятой теории, необходимости ее ревизии, то именно результаты, полученные нормальной наукой, становятся толчком к пересмотру парадигмы. Однако в целом важная проблема связи и соотношения эволюционных периодов в развитии науки и научных революций, повторяем, не нашла разработки в концепции Куна. И это не случайное упущение.

Здесь мы подходим к вопросу, который не затронули критики Куна и который, на наш взгляд, является коренным, важнейшим для теории развития науки. Это вопрос о возникновении нового знания. Начав с критики позитивизма за сведение анализа науки к анализу только готового знания, Кун затем сам отказался от разработки этого вопроса и свел его к выбору научным сооб-

ществом между двумя уже имеющимися налицо теориями или парадигмами—старой и новой. Это, безусловно, важный вопрос, имеющий не только теоретическое, но и практическое значение. Он содержит много сложностей и тонкостей. Читатель может составить себе представление о них, познакомившись со специальным трудом на эту тему—«Научное открытие и его восприятие» (М., «Наука», 1971), подготовленным коллективом Института истории естествознания и техники Академии наук СССР. Но проблема выбора между старой и новой теорией не снимает, а, наоборот, предполагает раскрытие того, как возникает новое знание. Без этого невозможно создание законченной, целостной концепции развития науки.

Бесспорно, что эта проблема относится к числу чрезвычайно сложных и трудных. Здесь история науки смыкается с гносеологией. Кун это хорошо понимает. Отсюда его внимание к соотношению теории и факта, теоретического и эмпирического, его интересные соображения о роли мысленного эксперимента в познании, о конструировании и преобразовании ученым идеального образа внешнего мира и изменении видения этого реального физического мира с изменением теоретических представлений. Однако, отказавшись от рассмотрения проблемы возникновения нового знания или, вернее, оставив ее на полпути, Кун слишком схематизировал характер научной деятельности в период эволюционного развития науки и лишил себя возможности раскрыть ее взаимосвязь с научной революцией.

С этим же связаны и неудачи Куна в трактовке вопроса о выборе между конкурирующими теориями. Критики Куна (особенно активным в этом отношении был Лакатош) обвиняют его в иррационализме на том основании, что Кун вместо логического объяснения того, почему научное сообщество отвергает старую теорию и принимает новую, выдвигает социальные и психологические аргументы. В этом они видят «грехопадение» Куна, отказ от рациональной реконструкции истории и переход на позиции иррационализма. Но такая критика ничего не доказывает и свидетельствует лишь о живучести на Западе имманентного направления в историографии

науки, которое исходит из замкнутости науки и представления, что все, что происходит в ней, обусловлено исключительно внутренними законами ее развития. Ведь можно сказать и наоборот. Тот факт, что любая серьезная попытка дать объяснение процесса развития науки с неизбежностью приводит к необходимости обращаться к социальным моментам, является доказательством связи развития науки с социальными факторами. В конце концов даже убежденные последователи имманентного направления, когда они пытаются объяснить наиболее существенные моменты в развитии науки, вынуждены, вопреки своим исходным теоретическим позициям, так или иначе прибегать к внешним факторам. Сам Лакатош писал, что все попытки представителей имманентного подхода к анализу возникновения нового знания оканчиваются неудачей, поскольку при интерпретации центрального момента научной революции—творческого акта—всегда приходится обращаться к каким-то внешним социальным факторам.

Критики Куна правы только в том, что, утверждая в ряде мест своей книги, будто переход к новой теории может быть основан лишь на вере в ее будущую плодотворность или на смутном эстетическом чувстве, он фактически отходит от рационального объяснения развития науки. Его утверждение, что «формообразующим ингредиентом убеждений, которых придерживается научное сообщество в данное время, всегда являются личные и исторические факторы—элемент, по видимости, случайный и произвольный», дает основание для такого вывода. Но произошло это не по тем причинам, на которые указывают его критики, а в силу того, что Кун отказался от рассмотрения вопроса, как возникает новое знание. А не решив его, невозможно выяснить и вопрос о критерии истинности знания. Отсюда и отсутствие обоснованного критерия выбора между конкурирующими теориями.

Любая концепция науки не может быть завершенной, законченной, если она не отвечает на вопрос о движущих силах ее развития. Концепция Куна не отвечает на него. Это еще одна причина того, почему мы определили

ее в начале нашей статьи как ограниченную, несовершенную.

Если в отношении вопроса возникновения нового знания Кун еще может сказать, что его интересовала не эта проблема— гносеологическая по своей сути, а раскрытие механизма преобразования научных представлений безотносительно к тому, как бы они ни возникали (и вряд ли правомерно оспаривать возможность такого ограничения цели исследования, хотя, как мы показали, отсутствие ясности в первом вопросе не дает возможности достигнуть ее и во втором), то в отношении проблемы движущих сил развития науки у него нет и такого объяснения. Он просто исключил ее из рассмотрения, указав в предисловии, что не будет касаться «роли технических достижений или внешних социальных, экономических и интеллектуальных условий развития науки».

Конечно, научный труд следует оценивать не по тому, что в нем отсутствует, а по тому, как решаются поставленные в нем вопросы и что он дает нового по сравнению с предшествующими работами. И если мы сейчас касаемся вопроса, о котором автор предупредил, что не будет его рассматривать в своей книге, то не для того, чтобы упрекать его в этом, а только для того, чтобы подчеркнуть принципиальную невозможность анализа природы науки и ее развития без анализа ее места в обществе и факторов, определяющих ее развитие.

Между прочим, сам Кун в том же предисловии придает большое значение этим внешним факторам. Он пишет, что данные факторы могут способствовать трансформации простой аномалии в действительный кризис, а также увеличить число возможностей для выхода из кризиса путем предложения того или иного революционного преобразования. Кун признает, что внешние факторы имеют первостепенное значение для понимания научного прогресса. Однако проблема взаимодействия науки и общества, влияния социальных факторов на логическую структуру знаний осталась за пределами концепции Куна, хотя введение понятия научного сообщества, как мы отмечали, давало ему возможность органически включить влияние социальных факторов в объяснение процесса развития науки.

Кун в своей книге поставил значительно больше вопросов, чем смог решить. Но надо отдать ему должное. Он сумел их так сформулировать и развить, что они привлекли к себе пристальное внимание. Как ни одна другая работа, книга Куна возбудила интерес к проблеме объяснения механизма смены представлений в науке, то есть, по существу, к проблеме движения научного знания. Она важна не столько тем, какое решение предложено в ней, сколько тем, что она в значительной степени стимулировала и продолжает стимулировать исследования в этом направлении.

С. Р. Микулинский, Л. А. Маркова

УКАЗАТЕЛЬ