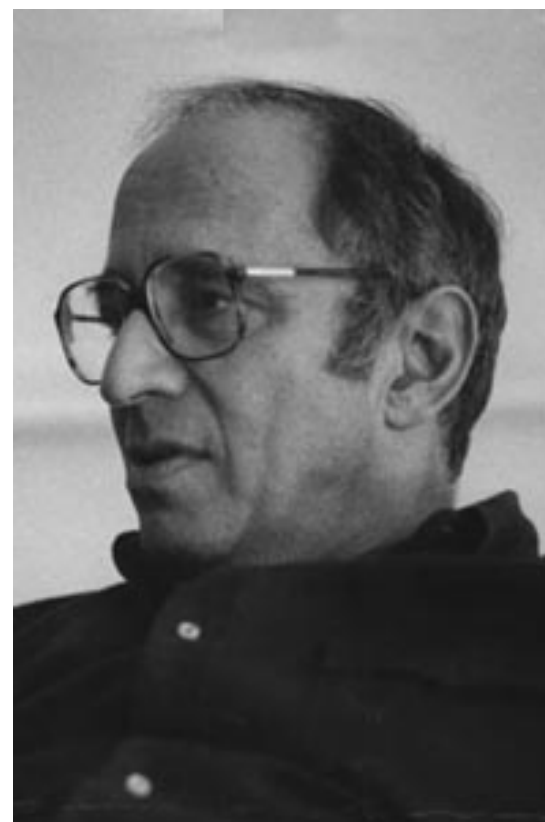




ЛОГИКА И МЕТОДОЛОГИЯ НАУКИ

Т. Кун
СТРУКТУРА
НАУЧНЫХ
РЕВОЛЮЦИЙ



Прошло почти семь лет с тех пор, как эта книга была впервые опубликована¹. 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 книги². 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 постскрипtum 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 наброски 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, Ill., 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 термину «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 смысле 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 обучения

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 l l 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 на 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 l d. The Use of Citation Data in Writing the History of Science, Philadelphia. 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 нуждаться) 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 вследствие 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 различий 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 $(x)(y)(z)\Phi(x, y, z)$. 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: $F = ta$ 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: $H = RI^2$. Когда этот закон был открыт, члены научного сообщества уже знали, что означают H , R и I , и это обобщение 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 $F = ma$ или

$$I = V/R$$

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, вытекающих 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 отличие, 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. Chagnin. Resistance to Ohm's Law. — «American Journal of 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 бильярдных 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 особая 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 недостатке 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 иррациональности⁹. 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 Philosophy». The University of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, III. Pittsburgh, 1966, p. 41—85; I. S c h e f f 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 составляя центральный элемент того, что я теперь считаю самым новым и в наименьшей степени понятым аспектом данной книги. Поэтому именно образцы требуют здесь

большого внимания, чем другие компоненты дисциплинарной матрицы. Философы науки обычно не обсуждали проблемы, с которыми сталкивается студент в лабораториях или при усвоении учебного материала, все это считалось лишь практической работой в процессе применения того, что студент уже знает. Он не может, говорили философы науки, решить никакой проблемы вообще, не изучив перед этим теорию и некоторые правила ее приложения. Научное знание воплощается в теории и правилах; проблемы ставятся таким образом, чтобы обеспечить легкость в применении этих правил. Я попытался доказать тем не менее, что такое ограничение познавательного содержания науки ошибочно. После того как студент уже решил множество задач, в дальнейшем он может лишь усовершенствоваться в своем навыке. Но с самого начала и еще некоторое время спустя решение задач представляет собой способ изучения закономерности явлений природы. В отсутствие таких образцов законы и теории, которые он предварительно выучил, имели бы бедное эмпирическое содержание.

Чтобы показать, что я имею в виду, я позволю себе кратко вернуться к символическим обобщениям. Одним из широкопризнанных примеров является второй закон Ньютона, обычно выражаемый формулой $F=ma$. Социолог или, скажем, лингвист, которые обнаружат, что соответствующее выражение сформулировано в аподиктической форме и принято всеми членами данного научного сообщества, не поймут без многих дополнительных исследований большую часть того, что означают выражения или термины в этой формуле, и то, как ученые сообщества соотносят это выражение с природой. В самом деле, тот факт, что они принимают его без возражений и используют его как средство, посредством которого вводятся логические и математические операции, еще отнюдь не означает сам по себе, что они соглашаются по таким вопросам, как значение и применение этих понятий. Конечно, они согласны по большей части этих вопросов; если бы это было не так, это сразу бы сказалось на процессе научного общения. Но спрашивается, с какими целями и применением каких средств

они достигли этого согласия. Каким образом научились они, столкнувшись с данной экспериментальной ситуацией, подбирать соответствующие силы, массы и ускорения?

Хотя на этот аспект ситуации редко обращают внимание или вообще не обращают, практически студенты должны изучить даже нечто еще более сложное. Дело вовсе не в том, что логические и математические операции применимы прямо и непосредственно к выражению $F = ma$. Это выражение при ближайшем рассмотрении оказывается как бы законом-схемой. По мере того как студент или ученый-исследователь переходят от одной проблемной ситуации к другой, символическое обобщение, к которому применяются такие операции, меняет свою прежнюю форму. Для случая свободного

падения $F=ma$ приобретает вид: $mg = m \frac{d^2 s}{dt^2}$. Для простого маятника

оно преобразовывается в формулу $mg \sin \theta = -ml \frac{d^2 \theta}{dt^2}$. Для пары взаимодействующих гармонических осцилляторов записываются два уравнения: первое из них имеет вид

$$m_1 \frac{d^2 s_1}{dt^2} + k_1 s_1 = k_2 (s_2 - s_1 + d)$$

А для более сложных ситуаций, таких, как гироскоп, оно принимает и другие формы, производный характер которых по отношению к равенству $F=ma$ раскрыть бывает еще труднее. Однако, научившись идентифицировать силы, массы и ускорения в разнообразных физических ситуациях, не встречавшихся прежде, студент учится также строить определенный вариант формулы $F=ma$, посредством которой различные ситуации соотносятся между собой; часто вариант, с которым он сталкивается, не имел ранее никакого точного эквивалента. Каким же образом в таком случае студент учится такому применению?

Ключ для решения этого вопроса дает явление, хорошо известное как студентам, так и историкам науки. От первых регулярно можно услышать, что они прочитали насквозь главу учебника, поняли досконально все,

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 $F = ma$ 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 $F = ma$ 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 освобождаваться 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

и Например, см.: R. Dugas. A History of Mechanics. Neuchatel, 1955, p. 135—136, 186—193; D. Bernoulli. Hydrodynamica; sive de viribus et motibus fluidorum, commentarii opus academicum, 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», — «Texas 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 ней¹², 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 критериях 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».