

ГЛАВА 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 определённым 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 её удачные применения и сравнивают эти применения с типичными наблюдениями и экспериментами. До того как подобные учебники стали общераспространёнными, что произошло в начале XIX столетия (а для вновь формирующихся наук даже позднее), аналогичную функцию выполняли знаменитые классические труды учёных: «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 учёных. 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 учёных могли в их рамках найти для себя нерешённые проблемы любого вида.

Достижения, обладающие двумя этими характеристиками, я буду называть далее «парадигмами», термином, тесно связанным с понятием «нормальной науки». Вводя этот термин, я имел в виду, что некоторые общепринятые примеры фактической практики научных исследований — примеры, которые включают закон, теорию, их практическое применение и необходимое оборудование, — всё 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. Учёные, 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? Причём эта единица как некоторое целое не может быть полностью сведена к логически атомарным компонентам, которые могли бы функционировать вместо данной парадигмы. Когда мы столкнёмся 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 учётом того, что возможен вид научного исследования без парадигм или по крайней мере без столь определённых и обязательных парадигм, как те, которые были названы выше. Формирование парадигмы и появление на её 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 времён, то он, вероятно, столкнётся 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 счёте к работам Юнга и Френеля по оптике, относящимся к началу XIX столетия. В то же время и волновая теория была не первой, которую приняли почти все исследователи оптики. В течение XVIII века парадигма в этой области основывалась на «Оптике» Ньютона, который утверждал, что свет представляет собой поток материальных частиц. В то время физики искали доказательство давления световых частиц, ударяющихся о твёрдые тела; ранние же приверженцы волновой теории вовсе не стремились к этому[6].

Эти преобразования парадигм физической оптики являются научными революциями, и последовательный переход от одной парадигмы к другой через революцию является обычной моделью развития зрелой науки. Однако эта модель не характерна для периода, предшествующего работам Ньютона, и мы должны здесь попытаться выяснить, в чём 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; ещё 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 подчёркивала в качестве парадигмальных наблюдений именно тот набор свойств оптических явлений, который её теория могла объяснить наилучшим образом. Другие наблюдения имели дело с разработками ad hoc[7] или откладывали нерешённые проблемы для дальнейшего исследования[8].

В разное 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 учёного, под которое не подходят по крайней мере наиболее творчески мыслящие члены этих различных школ, точно так же исключает и их современных преемников. Представители этих школ были учёными. И всё же из любого критического обзора физической оптики до Ньютона можно вполне сделать вывод, что, хотя исследователи данной области были учёными, 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 нём 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 даёт 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, которые частично были рождены экспериментом и наблюдением и которые отчасти сами детерминировали выбор и интерпретацию дальнейших проблем, подлежащих исследованию. Несмотря на то что все эксперименты были направлены на изучение электрических явлений и большинство экспериментаторов были знакомы с

работами своих коллег, их теории имели друг с другом лишь весьма общее сходство[9].

Одна ранняя группа теорий, следуя практике XVII—XVIII веков, рассматривала притяжение и электризацию трением как основные электрические явления. Эта группа была склонна истолковывать отталкивание как вторичный эффект, обусловленный некоторым видом механического взаимодействия, и, кроме того, откладывать насколько возможно как обсуждение, так и систематическое исследование открытого Греем эффекта электрической проводимости. Другие «электрики» (как они сами себя называли) рассматривали притяжение и отталкивание как в равной мере элементарные проявления электричества и соответственно модифицировали свои теории и исследования. (Фактически эта группа была удивительно немногочисленна; даже теория Франклина никогда полностью не учитывала 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 ещё для одной, третьей группы исследователей, склонной говорить об электричестве как о «флюиде», который мог протекать через проводники. Эту точку зрения они противопоставляли представлению об «истекании», источником которого служат тела, не проводящие электричества. Но в то же время этой группе также трудно было согласовать свою теорию с рядом эффектов отталкивания и притяжения. Только благодаря работам Франклина и его ближайших последователей была создана теория, которая смогла, можно сказать, с одинаковой лёгкостью 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 остаётся 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 её роль, все факты, которые могли бы, по всей вероятности, иметь какое-то отношение к развитию данной науки, выглядят одинаково уместными. В результате первоначальное накопление фактов является деятельностью, гораздо в большей мере подверженной случайностям, чем деятельность, которая становится привычной в ходе последующего

развития науки. Более того, если нет причины для поисков какой-то особой формы более специальной информации, то накопление фактов в этот ранний период обычно ограничивается данными, всегда находящимися на поверхности. В результате этого процесса образуется некоторый фонд фактов, часть из которых доступна простому наблюдению и эксперименту, а другие являются более эзотерическими и заимствуются из таких уже ранее существовавших областей практической деятельности, как медицина, составление календарей или металлургия. Поскольку эти практические области являются легко доступным источником фактов, которые не могут быть обнаружены поверхностным наблюдением, техника часто играла жизненно важную роль в возникновении новых наук.

Но хотя этот способ накопления фактов был существенным для возникновения многих важных наук, каждый, кто ознакомится, например, с энциклопедическими работами Плиния или с естественными «историями» Бэкона, написанными в XVII веке, обнаружит, что данный способ давал весьма путаную картину. Даже сомнительно называть подобного рода литературу научной. Бэконовские «истории» теплоты, цвета, ветра, горного дела и так далее наполнены информацией, часть которой малопонятна. Но главное, что здесь факты, которые позднее оказались объяснёнными (например, нагревание с помощью смешивания), поставлены в один ряд с другими (например, нагревание кучи навоза), которые в течение определённого времени оставались слишком сложными, чтобы их можно было включить в какую бы то ни было целостную теорию[10]. Кроме того, поскольку любое описание неизбежно неполно, древняя естественная история обычно упускает в своих неимоверно обстоятельных описаниях как раз те детали, в которых позднее учёными будет найден ключ к объяснению. Например, едва ли хотя бы одна из ранних «историй» электричества упоминает о том, что мелкие частички, притянутые натёртой стеклянной палочкой, затем опадают. Этот эффект казался поначалу механическим, а не электрическим[11]. Более того, поскольку само собирание случайных наблюдений не оставляло времени и не давало метода для критики, естественные истории часто совмещали описания вроде тех, которые приведены выше, с другими, скажем описаниями нагревания посредством антиперистасиса (или охлаждения), которые сейчас ни в какой мере не подтверждаются[12]. Лишь очень редко, как, например, в случае античной статики, динамики и геометрической оптики, факты, собранные при столь незначительном руководстве со стороны ранее созданной теории, достаточно определённо дают основу для возникновения начальной парадигмы.

Такова обстановка, которая создаёт 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 исследователи, сталкиваясь с одними и теми же категориями явлений, далеко не всегда одни и те же специфические явления описывают и интерпретируют одинаково. Можно признать удивительным и даже в какой-то степени уникальным именно для науки как особой области, что такие первоначальные расхождения впоследствии исчезают.

Ибо они действительно исчезают, сначала в весьма значительной степени, а затем и окончательно. Более того, их исчезновение обычно вызвано триумфом одной из допарадигмальных школ, которая в силу её собственных характерных убеждений и предубеждений делает упор только на некоторой особой стороне весьма обширной по объёму и бедной по содержанию информации. Те исследователи электрических явлений, которые считали электричество флюидом и, следовательно, делали особое ударение на проводимости, дают этому великолепный пример. Руководствуясь этой концепцией, которая едва ли могла охватить известное к этому времени многообразие эффектов притяжения и отталкивания, некоторые из них выдвигали идею заключения «электрической жидкости» в сосуд. Непосредственным результатом их усилий стало создание лейденской банки, прибора, которого никогда не сделал бы человек, исследующий природу вслепую или наугад, и который был создан по крайней мере двумя исследователями в начале 40-х годов XVIII века фактически независимо друг от друга[13]. Почти с самого начала исследований в области электричества Франклин особенно заинтересовался объяснением этого странного и многообещающего вида специальной аппаратуры. Его успех в этом объяснении дал ему самые эффективные аргументы, которые сделали его теорию парадигмой, хотя и такой, которая всё ещё была неспособна полностью охватить все известные случаи электрического отталкивания[14]. Принимаемая в качестве парадигмы теория должна казаться лучшей, чем конкурирующие с ней другие теории, но она вовсе не обязана (и фактически этого никогда не бывает) объяснять все факты, которые могут встретиться на её пути.

Ту же роль, которую сыграла флюидная теория электричества в судьбе подгруппы учёных, придерживающихся этой теории, сыграла позднее и парадигма Франклина в судьбе всей группы учёных, 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 учёных к более тонкой, эзотерической работе, к исследованию, которое требовало много сил и времени[15]. Не отвлекаясь на изучение каждого электрического явления, сплотившаяся группа исследователей смогла затем сосредоточить внимание на более детальном изучении избранных явлений. Кроме того, она получила возможность для создания многих специальных приборов и более систематического, целенаправленного их использования, чем кто-либо из учёных, делавших это ранее. Соответственно возрастала эффективность и продуктивность исследований по электричеству, подтверждая тем самым возможность распространить на общество пронизательное методологическое изречение Фрэнсиса Бэкона: «Истина всё же скорее возникает из заблуждения, чем из неясности...»[16]

Природу этих в высшей степени направленных, основанных на парадигме исследований мы рассмотрим в следующем разделе. Однако, забегаая вперёд, 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 учёный 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 учёные, 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 чёткое определение области исследования. И те, кто не расположен или не может приспособить свою работу к новой парадигме, должны перейти в другую группу, в противном случае они обречены на изоляцию[17]. Исторически они так и оставались зачастую в лабиринтах философии, которая в своё 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 её интереса превращается в научную дисциплину. В науке (правда, не в таких областях, как медицина, технические науки, юриспруденция, принципиальное *raison d'être*[18] которых обеспечено социальной необходимостью) с первым принятием парадигмы связаны создание специальных журналов, организация научных обществ, требования о выделении специального курса в академическом образовании. По крайней мере так обстоит дело в течение последних полутора веков, с тех пор, как научная специализация впервые начала приобретать институциональную форму, и до настоящего времени, когда степень специализации стала вопросом престижа учёных.

Более чёткое определение научной группы имеет и другие последствия. Когда отдельный учёный 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 учёный может начать своё исследование там, где оно остановилось, и, таким образом, сосредоточиться исключительно на самых тонких и эзотерических явлениях природы, которые интересуют его группу. Поступая так, учёный участвует прежде всего в изменении методов, эволюция которых слишком мало изучена, но современные результаты их использования очевидны для всех и сковывают инициативу многих. Результаты его исследования не будут больше излагаться в книгах, адресованных, подобно «Экспериментам... по электричеству» Франклина или «Происхождению видов» Дарвина, всякому, кто заинтересуется предметом их исследования. Вместо этого они, как правило, выходят в свет в виде коротких статей, предназначенных только для коллег-профессионалов, только для тех, кто предположительно знает парадигму и оказывается в состоянии читать адресованные ему статьи.

В современных естественных науках книги представляют собой либо учебники, либо ретроспективные размышления о том или ином аспекте научной жизни. Профессиональная репутация учёного, 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 всё ещё сохраняет в некоторых областях творчества. И только в тех областях, где книга наряду со статьями или без них остаётся 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 учёных-исследователей. В математике и астрономии исследовательские сообщения перестали быть понятными для широкой аудитории уже в античности. В динамике исследование приблизилось к эзотерическому типу в конце средних веков и вновь обрело более или менее понятную для всех форму, правда на короткий период, в начале XVII века, когда новая парадигма заменила ту парадигму, которой динамика руководствовалась в эпоху средневековья. Исследования электрических явлений потребовали их истолкования для непрофессионалов к концу XVIII века, 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, всё больше разделяющей профессионального учёного и его коллег в других областях, слишком мало внимания уделяется взаимосвязи между этим процессом углубления пропасти и внутренними механизмами развития науки.

С доисторических времён одна наука вслед за другой переходили границу между тем, что историк может назвать предысторией данной науки как науки, и собственно её историей. Эти переходы в стадии зрелости редко бывают такими внезапными и такими явными, как я представил их в своём 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 учёные, которые писали об электричестве в течение первых четырёх 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 вперёд по сравнению с работами Грея, Дюфе и даже Франклина, чем работы этих первооткрывателей в области электричества начала XVIII века по сравнению с подобными исследованиями в XVI веке[19]. Где-то между 1740 и 1780 годами исследователи электрических явлений впервые оказались в состоянии принять основания своей области без доказательств. С этого момента они охотнее обращались к более конкретным и специальным проблемам и всё чаще стали публиковать результаты своих исследований в статьях, предназначенных для других исследователей в области электричества, предпочитая такой способ коммуникации книгам, адресованным широкому кругу читателей. Образовав особую научную группу, они достигли того, чего добились астрономы античного мира, специалисты в области кинематики в средние века, физической оптики в конце XVII века и исторической геологии в начале XIX столетия. Иными словами, они пришли к парадигме, которая оказалась способной направлять исследование всей группы в целом. Трудно найти другой критерий (если не считать преимуществ ретроспективного взгляда), который бы так ясно и непосредственно подтверждал, что данная отрасль знаний стала наукой.