

Семинары 3–4

Thomas Samuel Кун (1922–1996)

The Structure of Scientific Revolutions. 2nd Edition, enlarged. The Univ. of Chicago Press. Chicago, 1970

Кун Т.

Структура научных революций. Введение, гл. VI, VII, X, XI, Дополнение 1969 года.

T. S. Kuhn

THE STRUCTURE
OF SCIENTIFIC
REVOLUTIONS

Second Edition, Enlarged

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS
Chicago 1970

Т. Кун

СТРУКТУРА
НАУЧНЫХ
РЕВОЛЮЦИЙ

Перевод с английского
И. З. НАЛЕТОВА

Общая редакция и послесловие
С. Р. МИКУЛИНСКОГО и Л. А. МАРКОВОЙ

ВТОРОЕ ИЗДАНИЕ

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОГРЕСС»
Москва 1977

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. Взявшись за 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 открытых 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 готовностью называли «ошибкой» и «предрассудком». Чем более глубоко они изучают, скажем, аристотелевскую динамику или химию и термодинамику эпохи флогистонной теории, тем более отчетливо чувствуют, что эти некогда общепринятые концепции природы не были в целом ни менее научными, ни более субъективистскими, чем сложившиеся в настоящее время. Если эти устаревшие концепции следуют назвать миражами, 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 открытых 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 ингредиентом убеждений, которых придерживается данное научное сообщество в данное время, всегда являются личные и исторические факторы — элемент по видимости случайный и произвольный.

Наличие этого элемента произвольности не указывает, однако, на то, что любое научное сообщество могло бы заниматься своей деятельностью без некоторой системы общепринятых представлений. Не уменьшает 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 вселесум? Как они взаимодей-

ствуют друг с другом и с органами чувств? Какие вопросы ученый имеет право ставить в отношении таких существ 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, — начинаются нетрадиционные исследования, которые в конце концов приводят всю данную отрасль науки к новой системе предписаний (*commitments*), к новому базису для практики научных исследований. Исключительные ситуации, в которых возникает эта смена профессиональных предписаний, будут рассматриваться в данной работе как научные революции. Они являются дополнениями к связанным традициям деятельности в период нормальной науки, которые разрушают традиции.

Наиболее очевидные примеры научных революций представляют собой те знаменитые эпизоды в развитии науки, за которыми уже давно закрепилось название революций. Поэтому в IX и X разделах, где предпринимается непосредственный анализ природы научных революций, мы не раз встретимся с великими поворотными пунктами в развитии науки, связанными с именами Коперника, Ньютона, Лавуазье и Эйнштейна. Лучше всех других достижений, по крайней мере в истории физики, эти поворотные моменты служат образцами научных революций. Каждое из этих открытий необходимо обусловливало отказ научного сообщества от той или иной освященной веками научной теории в пользу другой теории, несовместимой с прежней. Каждое из них вызывало последующий сдвиг в проблемах, подлежащих тщательному научному исследованию, и в тех стандартах, с помощью которых профессиональный ученый определял, можно ли считать

правомерной ту или иную проблему или закономерным то или иное ее решение. И каждое из этих открытий преобразовывало научное воображение таким образом, что мы в конечном счете должны признать это трансформацией мира, в котором проводится научная работа. Такие изменения вместе с дискуссиями, неизменно сопровождающими их, и определяют основные характерные черты научных революций.

Эти характерные черты с особой четкостью вырисовываются из изучения, скажем, революции, совершенной Ньютоном, или революции в химии. Однако 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 успели 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 неоточным 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

обоснования». Может ли это смешение различных областей науки и научных интересов породить что-либо, кроме путаницы?

Отвлекшись в своей работе от этого и других подобных им различий, 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 различия 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 различиях, которые должны таким образом предвосхитить анализ научного знания, оказывается менее правдоподобным. Получающийся при этом логический круг совсем не обесценивает эти различия. 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 применены наши теории познания?

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

революционным для каждой из этих групп, изменение, отражающее только одно или другое парадигмальное применение квантовой механики, окажется революционным только для членов частной профессиональной подгруппы. Для остальных же представителей этой профессии и для тех, кто занимался исследованиями в других физических науках, это изменение вообще не обязательно должно быть революционным. Короче, хотя квантовая механика (или динамика Ньютона, или электромагнитная теория) является парадигмой для многих научных групп, она не будет парадигмой в равной мере для всех. Следовательно, она может одновременно определять различные традиции нормальной науки, которые частично накладываются друг на друга, хотя и не совпадают во времени и пространстве. Революция, произошедшая 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. Сельвир, которому я признателен за устное сообщение. Некоторые подобные вопросы рассмотрены в его статье: J. K. Selig. *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 распространенному 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 испреднамеренно в ходе игры по одному набору правил, но их восприятие требует разработки другого набора 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 некоторым 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 наведенные 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 приспособливается 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 учёный 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 сосудах, 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-

¹ По поводу дискуссии об открытии кислорода, которая считается классической до сих пор, см.: A. N. Melford. *The Eighteenth-Century Revolution in Science — the First Phase*. Calcutta, 1930, chap. V. Недавний, не вызывающий возражений обзор, включая рассмотрение предшествующих споров, дал М. Дома: M. Dumas. *Lavoisier, théoricien et expérimentateur*. Paris, 1955, chaps. II—III. Более полный анализ и библиографию см. также: T. S. Kuhn. *The Historical Structure of Scientific Discovery*. — «Science», CXXXVI, June 1, 1962, p. 760—761.

сительно чистую пробу газа, был шведский аптекарь К. В. Шееле. Тем не менее мы можем игнорировать его работу, 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 нас в данном случае прежде всего². Вторым по времени заявившим об открытии был английский учёный и богослов Джозеф Пристли, который собрал газ, выделившийся при нагревании красной окиси ртути, как исходный материал для последующего нормального исследования «воздухов», выделяемых большим количеством твердых веществ. В 1774 году он отождествил газ, полученный таким образом, с закисью азота, а в 1775 году, 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 дыхания»³. 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 учёными. 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 — «Harvard 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 которым 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 матерней 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 века. Кислород стал рассматриваться в качестве обычного химического вещества еще до этих событий.

Очевидно, что требуется новый словарь и новые понятия для 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 ви-дения. Вот почему мы так охотно соглашаемся с тем, что процесс открытия, подобно зрению или осязанию, столь же определению 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

⁴ H. Metzger. La philosophie de la matière 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. Может ли мы также сказать, что оно влечет за собой изменение парадигмы? На этот вопрос нельзя дать общего ответа, но 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 поглощают какую-то часть атмосферы. Многие соображения по этому вопросу он сообщил в заметках, данных 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 неудовлетворенности Лавуазье было предпринято в: H. Guerlac. Lavoisier — the Crucial Year: The Background and Origin of His First Experiments on Combustion 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 подтверждают многое из сказанного. Одновременно они позволяют нам перейти от выяснения природы открытий к пониманию обстоятельств, при которых они возникают в науке. Ставяясь 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 стандартных сообщений. История открытия рентгеновских лучей начинается с того дня, когда физик Рентген прервал нормальное исследование катодных лучей, поскольку заметил, что экран, покрытый платиносиеродистым 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.

⁶ L. 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 Бюрибурге 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 более внимателен к странным образом засвеченной фотографии, 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 сице 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, предложенным 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 установленной теорией, они все же нарушили 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. перев.

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 «добротаочистенность», и Пристли и Лавуазье смешивали два объема обнаруженного ими газа с одним объемом оксида 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-

ше. 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 учетоменным 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 понять деление урана. Одна из причин, почему эта ядерная реакция оказалась особенно трудной для распознания, заключалась в том, что учёные, знавшие, чего можно ожидать при бомбардировке урана, предпочитали химические способы проверки, направленные главным образом на элементы верхнего ряда периодической системы элементов¹⁰.

⁹ Соп.л. Ор. с.т., р. 18—20.

¹⁰ K. 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 связанных 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 опровергением всего предшествующего опыта атомной физики. Возможно, что наши результаты являются обманчивыми вследствие серии странных случайностей» (O. Hahn und F. Strassmann. Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle. — «Die Naturwissenschaften», XXVI (1939), 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 самим 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, ученыe 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. Отводяя 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 электричества¹¹.

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 возрастило. 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 батареи см.: I. B. Cohen. Franklin and Newton: An Inquiry into Speculative Newtonian Experimental Science and Franklin's Work in Electricity as an Example Theoreof. 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.

ко, 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 приспособливается 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 — червое 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: никовая 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 пелевые 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 подготавливаются 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-

мальная 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, что 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.

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-

ставленные в предыдущем разделе, не были, по крайней мере каждый в отдельности, ответственны за такие изменения парадигмы, как коперниканская, ньютонаанская, 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. Таким образом теории, подобные указанным, могут являться результатом нормальной науки, деятельность которой направлена больше на то, что следует из открытых, 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 определены. 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. А. Копре 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 Ньютона, 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 Kelynn of Largs*. London, 1910, I, p. 266—281. О квантовой теории см.: F. Reiche. *The Quantum Theory*. London, 1922, chaps. I—II.

нейшее 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 астрофизиков, 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 лисал в предисловии к «*De revolutionibus***», что астрономическая

* 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 coelestium 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.

Несспособность 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 истори-

⁶ T. S. Kuhn. *The Copernican Revolution*. Cambridge, Mass., 1957, p. 135—143.

ки согласны друг с другом относительно его природы и относительной 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, памереваясь дефлогистировать теплоту. К тому же общему 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 некоторым 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. Rattington and D. Mc Kie. 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, что 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 сю, напоминало то

⁹ H. Guerlac. Lavoisier — The Crucial Year. Илса, 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 Лейбница, 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 осозаемые 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.

бесных явлений, и эксперимент в земных условиях дают потенциальные возможности для обнаружения «эфирного ветра». Из небесных явлений только наблюдения за aberrацией звезд обещали быть достаточно точными для получения надежной информации, и обнаружение «эфирного ветра» с помощью измерения aberrаций становитя 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.

¹³ О роли астрономии в развитии механики см.: Т. Кун. 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

¹⁴ Whittaker. 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 итолемеевской 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 представить 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 Майловом), 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. 60.

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.

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 приспособливает 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 сдерживающее 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 пунктом. Исключая случаи, когда все концептуальные и операционные 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 различиям 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 сдерживающего 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 сдерживающее 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 него 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 о совершении 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,держиваются вместе силами взаимного сродства. Так, кусок серебра составляет единство в силу сродства между частицами серебра (до периода после Лавузье 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 произвела 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 ато-

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. Различие 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 контрипримеры, 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 совершились 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 смесь²³. 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: (I) Berthollet's Doctrine of Variable Proportions. — «Manchester Memoirs», LIV, 1910, p. 1—16.

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 L. K. Nash. The Origin of Dalton's Chemical Atomic Theory.—«Isis», XLVII, 1956, p. 101—116.

* Тем самым (лат.). — Прим. перев.

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 различия 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 2 : 1 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: (6) The Reception Accorded to the Theory Advocated by Dalton.—«Manchester Memoirs», LV, 1911, p. 1—10.

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 1,47 : 1, а не 2 : 1, 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.

²⁶ О Прусте см.: A. N. Meldrum. Berthollet's Doctrine of Variable Proportions. — «Manchester Memoirs», LIV, 1910, p. 8. Подробное освещение истории постепенных изменений в измерениях химического состава и атомных весов еще предстоит осуществить, но Чарльзом Паркинсоном в цитируемом выше сочинении выдвигает много идей, наводящих на правильное решение вопроса.

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 общенезвестности, обычно рассматривались не как революции, а как дополнение 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 занимают 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

* До отвращения (лат.). — Прим. перев.

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 ученыe-профессионалы чувствуют себя причастными к истории. Однако та историческая традиция, которая извлекается из учебников и к которой таким образом приобщаются ученыe, 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 ученыx 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 ученыe прошлого безоговорочно изображаются как ученыe, 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 направляемое к ее нынешним высотам. Искушение переписать историю ретроспективно всегда было повсеместным и непреодолимым. Но ученые более подвержены искушению перенаначивать 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. Большая детализация исторических фактов (независимо от того, берется ли наука настоящего периода или прошлого) и тем самым большая 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 прочио 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 тел². 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, проповедуяющим науку, и с систематически повторяющими ошибками в истолковании исторических фактов, обсуждавшихся выше, неотвратимо приводит к формированию сильного впечатления, будто наука достигает своего нынешнего уровня благодаря ряду отдельных открытых 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, что 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 сульфопрепараторов. 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 параллакса 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, сдва 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,ключающего 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.