

Инженерное конструирование в научном познании

Я сказал бы, что в каждом способном физике сидит талантливый инженер.

Г. Бонди

На некотором сравнительно поверхностном уровне представляется, что инженер, создающий проект здания или какого-либо другого технического сооружения, и ученый, разгадывающий тайны Природы, – это очень разные фигуры в системе разделения труда. Первый строит проект, второй – знание. Первый в конечном итоге претендует на создание некоторой искусственной природы, второй – на выявление законов Природы первозданной. Первый в своих целевых установках, как правило, утилитарен: проект должен удовлетворять требованиям практической реализации, полученный материальный продукт должен функционировать заранее заданным образом. Для второго полученное знание само по себе представляет ценность, если оно не тривиально истинно и не тривиально ложно. Первый постоянно задает вопрос «А зачем это практически нужно?», второй уверен, что современная теория Большого взрыва или теория суперструн важны и интересны, хотя и не имеют практических приложений.

И, тем не менее, между деятельностью инженера и ученого есть очень глубокая и принципиальная связь, о которой и пойдет речь в данной статье. И дело не в том, что исследователь-экспериментатор вынужден постоянно конструировать приборы и экспериментальные установки. Это достаточно очевидно. Суть в другом: в основе познания в развитых его формах лежат образцы инженерной деятельности, образцы конструирования. В какой-то мере это нашло свое выражение даже в способах словоупотребления. Мы обычно не говорим, что кто-то открыл теорию, мы говорим, что он ее построил. Дарвин построил теорию происхождения видов, Эйнштейн – общую теорию относительности... Аналогичным образом мы не открываем, а строим или создаем классификацию, районирование или периодизацию. Познать некоторое явление – это значит либо построить его модель, либо создать проект построения его самого. Нас при этом не интересует соразмерность этого проекта человеческим возможностям, ибо в качестве строителя мы можем привлечь саму матушку Природу. Нам важно, как данное явление в принципе может быть построено. Несколько усиливая этот тезис, можно сказать, что мы конструируем не только теории или классификации, но и объекты исследования, и даже то, что принято называть фактом. Но об этом несколько ниже.

Теоретик и инженер

Что собой представляет деятельность инженера, который разрабатывает проект какого-либо здания, самолета или автомобиля? Во-первых, у него есть некоторое проектное задание, т.е., как правило, функциональное описание того сооружения, которое надо получить. Он, например, знает, какова должна быть скорость самолета, его грузоподъемность, дальность полета т.д. Во-вторых, он в принципе

знает, из каких элементов строится самолет, как эти элементы сочетаются друг с другом, какие здесь возможны варианты, включая типовые конструкции, особенности тех или иных материалов и прочее. Плюс к этому у него есть какие-то методы расчета или качественные методы, которые позволяют оценить каждый из вариантов с точки зрения его функциональных характеристик. Будем все это называть техническим конструктором. Задача состоит в том, чтобы, работая в этом конструкторе и рассматривая разные возможные варианты, найти такой, который соответствует проектному заданию.

Можно предположить, что исторически в основе инженерной деятельности лежит альтернатива производства и потребления. Уже первобытный человек строил хижины, плоты или лодки, ловушки для животных, изготавливал луки и стрелы. Все эти объекты выступали для него в двух основных ипостасях. Во-первых, в процессе потребления они проявляли свои функциональные характеристики, свои свойства. Во-вторых, в процессе производства человек имел дело с их строением, структурой, составом. Уже здесь, вероятно, возникла практическая задача варьировать устройство тех или иных сооружений, улучшая их потребительские качества. И уже здесь могли сформироваться два принципиальных вопроса относительно окружающих человека объектов: какими свойствами он обладает и как он сделан? При этом оба вопроса в равной степени были значимы как относительно продуктов рук человеческих, так и относительно природных явлений. Они сохранили свое значение до сих пор. Иными словами, образцы проблематизации, возникшие уже в первобытном обществе, и сейчас существенно детерминируют познавательный процесс.

Но перейдем к научным теориям. Легко показать изоморфизм теоретического знания и инженерного проекта. Начнем с очень простого примера. Уже в античности сформировались представления о шарообразности Земли. Это была некоторая теоретическая конструкция, которая объясняла целый ряд уже известных явлений. «Например, ясно, – пишет Страбон в своей «Географии», – что кривизна моря препятствует морякам видеть свет [огней] на уровне их глаза. Во всяком случае, огни над уровнем глаз становятся видимыми, хотя бы они находились на большом расстоянии от наблюдателя. Подобным же образом, если глаза подняты, они видят то, что прежде было невидимо. Это отметил и Гомер, ибо такой смысл имеют его слова:

Поднятый кверху волной и взглянувший
Быстро вперед [невдалеке пред собой увидел он землю].

Кроме того, когда моряки приближаются к земле, их взорам открываются постепенно прибрежные части, и то, что сперва казалось низким, постепенно вырастает все выше и выше»¹. Все эти явления представляли собой некоторое «проектное задание», и задача состояла в том, чтобы сконструировать «механизм», способный эти явления порождать. Представления о земном шаре, невероятно смелые для того времени, и легли в основу этого механизма, который дополнялся теми или иными деталями применительно к каждому из перечисленных явлений.

¹ Страбон. География. Л. 1964. С. 18.

Другой пример – кинетическая теория газов в ее элементарном и качественном изложении. Описание поведения газа эквивалентно проектному заданию. Мы знаем, что при уменьшении объема газа растет его давление и повышается температура, что при расширении газ охлаждается... Нам надо ответить на вопрос, как газ устроен. И вот мы конструируем газ на базе атомистических представлений, предполагая, что он состоит из множества беспорядочно движущихся частиц. Атомистика – это один из самых мощных теоретических конструкторов в составе естествознания. На его базе мы конструируем газы, жидкости и твердые тела, объясняя огромное количество явлений типа поверхностного натяжения, теплопроводности, диффузии, адсорбции, броуновского движения, геометрии кристаллов и т.д.

Аналогичным образом можно представить теорию происхождения видов Ч. Дарвина. На входе здесь в качестве «проектного задания» огромное разнообразие жизненных форм, данные сравнительной анатомии, ископаемые остатки вымерших организмов..., на выходе – проект механизма эволюции на базе случайной изменчивости и естественного отбора. Заслуга Дарвина не только в том, что он построил новую биологическую теорию, он при этом создал новый тип теоретического конструктора, который затем активно проникал в другие области знания, например, в лингвистику и в историю идей. Э. Мах писал, что, познакомившись с идеями Дарвина в 1859 году, он уже в своих лекциях 1864–1867 годов в университете в Граце рассматривал развитие идей как борьбу за существование с выживанием наиболее приспособленных². Известный наш палеоботаник С.В. Мейен как-то сказал мне, что теория Дарвина – это не биологическая теория, что она не специфична для биологии. Я сейчас воспринимаю это как комплимент.

Эволюция познания – это в существенной ее части совершенствование форм и способов теоретического конструирования. Замена одного конструктора другим в истории той или иной дисциплины – это существенный сдвиг в ее развитии, ведущий к разработке новых технологий мышления. Так, на заре развития механики мы сталкиваемся с чисто техническими преобразованиями объектов. Галилей, например, исследуя «природу винта», сводит его к наклонной плоскости, наматывая наклонную плоскость на цилиндр³. Работа в таком чисто техническом конструкторе требует большой изобретательности. Судите сами. Вот, например, как Лагранж описывает редукцию коленчатого рычага к прямолинейному: «Прежде всего ясно, что коленчатый равноплечий рычаг, который может вращаться около своей вершины, будет поддерживаться в состоянии равновесия двумя равными силами, приложенными к концам плеч и направленными перпендикулярно к последним и, следовательно, стремящимися вращать их в противоположные стороны. Пусть теперь имеется прямолинейный неравноплечий рычаг, одно плечо которого равно плечу коленчатого равноплечного рычага и нагружено тяжестью, эквивалентной каждой из

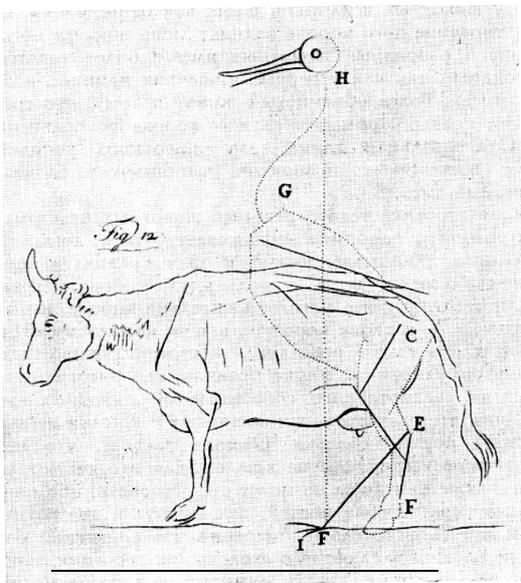
² Мах Э. Основные идеи моей естественно-научной теории познания и отношение к ней моих современников // Новые идеи в философии. Сб. второй. Борьба за физическое мировоззрение. СПб. 1912. С. 126.

³ Галилей Г. Избранные труды. Т. II. М. 1964. С. 33.

равных сил, приложенных к плечам коленчатого рычага; другое плечо этого рычага имеет любую длину и в конечной точке его помещен такой груз, что рычаг находится в равновесии. Представим себе, что этот рычаг наложен на равноплечий коленчатый рычаг таким образом, что точка опоры прямолинейного рычага совпадает с вершиной коленчатого рычага и первое плечо первого совпадает с каким-нибудь плечом второго, причем обе силы, приложенные к совпавшим теперь конечным точкам обоих рычагов, имеют противоположное направление. Тогда обе эти силы друг друга взаимно уничтожат и соответствующие плечи обоих рычагов, на которые эти силы действуют, потеряют всякое значение. А так как в результате суперпозиции общее равновесие не нарушится, то оставшийся налицо неравноплечий коленчатый рычаг, в конечных точках которого приложены перпендикулярно направленные силы, величины которых обратно пропорциональны длине плеч, будет находиться в равновесии, – подобно тому, как это имеет место при прямолинейном рычаге»⁴.

Технология мышления принципиально меняется, когда начинают оперировать не техническими конструкциями, а силами, которые можно переносить в направлении их действия, суммировать по правилу параллелограмма или разлагать на составляющие. Она меняется еще раз, когда главную роль приобретает математика и математические конструкции. Лагранж в предисловии к своей знаменитой «Аналитической механике» пишет: «В этой работе совершенно отсутствуют какие бы то ни было чертежи. Излагаемые мною методы не требуют ни построений, ни геометрических или механических рассуждений; они требуют только алгебраических операций, подчиненных планомерному и однообразному ходу. Все любящие анализ с удовольствием убедятся в том, что механика становится новой отраслью анализа, и будут мне благодарны за то, что этим путем я расширил область его применения»⁵.

Интересно проанализировать смену типов конструирования в ходе формирования и развития эволюционных идей в биологии. Первые



варианты связаны здесь с попытками построить теорию на базе чисто технических преобразований одних организмов в другие. Вот красноречивый отрывок из сочинений великого естествоиспытателя XVIII века Бюффона: «...Возьмите скелет человека, наклоните кости таза, укоротите кости бедер, голеней и рук, удлините таковые ступней и ладоней, соедините вместе фаланги, удлините челюсти, сократив лобную кость, и, наконец, удлините так же позвоночник: этот скелет перестанет быть останками человека, это будет скелет лошади»⁶.

⁴ Лагранж. Аналитическая механика. Т. I. М.-Л., 1938. С. 14.

Схема превращения коровы в птицу (из Кампера). Лагранж. Аналитическая механика. Т. I. М.-Л., 1938. С. 5.

⁶ Цит. по: Канаев И.И. Очерки из истории сравнительной анатомии до Дарвина. М.-Л., 1963.

Рассуждения такого рода были в ту эпоху достаточно парадигмальными. П. Кампер, будучи не только ученым, но и художником, проделывал подобные преобразования с помощью рисунков, превращая, например, корову в страуса. Жоффруа Сент-Илер построил удивительную концепцию, согласно которой млекопитающие есть как бы вывернутые наизнанку насекомые: если у млекопитающих внутренние органы расположены вокруг позвоночника, то у насекомых – внутри хитиновой трубки. «Насекомые, – писал он, – живут внутри своего спинного хребта, подобно тому, как моллюски живут внутри своей раковины... Да, я мог это смело утверждать, и первое мое научное сообщение 1820 года гласило, что насекомые составляют еще один класс позвоночных животных, и что, следовательно, к ним приложим общий закон единства организации»⁷.

Однако если в механике подобные преобразования в рамках теоретического конструктора соответствовали образцам реальной материальной деятельности, то в биологии они были чисто произвольными и абсолютно неосуществимыми. Надо было либо отдавать все в руки всемогущего Бога, либо искать «инженера» в самой Природе. Именно последнее происходит в работах Ламарка и Дарвина. Рассмотренные выше конструкторы в механике принципиально отличны от последующих биологических конструкторов, ибо в первом случае преобразования осуществляет сам исследователь, а во втором – силы Природы. Говоря более точно, исследователь в этом случае должен сконструировать природный процесс, который функционирует независимо от его воли.

Построение объектов исследования.

У Карла Поппера есть очень интересное замечание: «Часто говорят, – пишет он, – что научное объяснение есть сведение неизвестного к известному. Если имеется в виду чистая наука, то ничто не может быть дальше от истины. Отнюдь не парадоксом будет утверждение, что научное объяснение, напротив, есть сведение известного к неизвестному»⁸. На первый взгляд это все же парадокс, но только на первый взгляд. Мне представляется, что замечание Поппера имеет глубокий смысл, независимо от того, что думал по этому поводу сам автор.

Дело в том, что конструируя какой-либо объект для объяснения уже известных явлений, мы тем самым строим и новый объект исследования. Вернемся к приведенным выше примерам теоретического конструирования. Представление о шарообразности Земли в контексте объяснения того, что с мачты корабля мы видим дальше, можно рассматривать как сведение неизвестного к известному. Нам ведь при этом хорошо известно, что такое шар и какие его свойства позволяют понять механизм указанного явления, который был до этого неизвестен. Но предположение, что Земля шарообразна, тут же порождает вопросы относительно размеров и точной формы Земли. Уже Эратосфен пытается измерить длину земного меридиана, а Клеро много

С. 35.

⁷ Сент-Илер Э. Ж. Избранные труды. М., 1970. С. 375.

⁸ Поппер К. Предположения и опровержения. М., 2004. С. 109.

веков спустя строит теорию фигуры Земли.

В такой же степени построение механической модели газа есть сведение неизвестного к известному, тем более что молекулы газа Больцман представляет как упругие шарики, опираясь тем самым на уже сформулированные законы механики. Но тут же возникают новые вопросы относительно размеров этих молекул, скоростей их движения, их количества в некотором объеме газа и т.п. Иными словами происходит переход от объяснения феноменологии газа к использованию этой же феноменологии для изучения свойств молекул.

Во всем этом проявляется некоторая закономерность, характерная для любой человеческой деятельности и связанная с ее целенаправленностью. В любой деятельности мы привыкли выделять объект, продукт, используемые средства, но выделение этих составляющих обусловлено поставленной целью. Если цель – это объяснение феноменологии поведения газа, то именно газ является объектом изучения, а построенные атомно-молекулярные конструкции – это средства объяснения. Если же мы хотим уточнить наши представления об этих конструкциях, то они становятся объектом изучения, а экспериментальное исследование поведения газа переходит в разряд средств. Но в принципе любое объяснение каких-то явлений на базе их теоретического конструирования объективно является и исследованием самих теоретических конструкций. Выдвигая гипотезу о шарообразности Земли, мы объясняем исчезновение корабля за горизонтом, но в такой же степени это исчезновение можно рассматривать как обоснование шарообразности Земли, с чем мы постоянно сталкиваемся в литературе.

Преобразования деятельности, связанные с изменением целевых установок, я называю рефлексивными преобразованиями. Речь идет об осознании одних и тех же действий в свете разных целей или разных предполагаемых результатов. Если два акта не отличаются друг от друга ничем, кроме цели, то они являются рефлексивно симметричными. Например, в случае с шарообразностью Земли можно сказать, что акты объяснения и обоснования на первых шагах рефлексивно симметричны: явления, которые мы объясняем, одновременно является и обоснованием теоретической конструкции. Поскольку в рамках традиционной терминологии речь, вероятно, должна идти о теоретическом объяснении исчезновения корабля и об эмпирическом обосновании шарообразности Земли, мы приходим к нетривиальному тезису о рефлексивной симметрии эмпирического и теоретического. Это, однако, требует гораздо более детального исследования.

Приведем еще несколько примеров. В науке мы постоянно сталкиваемся с различными приборами. С использованием приборов связывают специфику эмпирического исследования. Правда, иногда это почему-то уживается с утверждением, что специфика эмпирического в непосредственном контакте с объектом изучения. Нетрудно показать, что эти два утверждения противоречат друг другу. Рассмотрим такой широко известный прибор, как барометр, который возник в исследованиях Торричелли следующим образом. Экспериментальная установка Торричелли, которую он создал по совету Галилея, первоначально

предназначалась для исследования боязни пустоты. Но оказалось, что уровень ртути в трубке постоянно меняется, и гипотеза боязни пустоты была заменена другой, согласно которой экспериментальная картина определяется атмосферным давлением. Последнее в данном случае представляло собой некоторую теоретическую конструкцию. Только после этого экспериментальная установка Торричелли стала прибором для изучения атмосферного давления. Очевидно, что иначе и быть не могло. Итак, и здесь первоначально мы сталкиваемся с некоторым явлением, которое нужно объяснить. Объяснение явно не является эмпирической процедурой, ибо связано с построением некоторого объекта, который в данном случае не дан в непосредственном наблюдении. Только после этого происходит рефлексивное преобразование, и экспериментальная установка из объекта изучения превращается в прибор, а теоретическая конструкция – «атмосферное давление», – которая была средством объяснения, становится новым объектом исследования.

Сказанное можно проиллюстрировать не только на примере барометра, но и при исследовании всех приборов или экспериментальных установок. Мы, например, измеряем температуру с помощью всем известного градусника. Но что мы при этом изучаем, положение столбика ртути или спирта относительно шкалы? Нет, разумеется, мы измеряем температуру, т.е. среднюю кинетическую энергию движущихся молекул. Примерно то же самое можно сказать и о других приборах типа амперметра, вольтметра, спидометра... Любое измерение предполагает, что мы уже теоретически построили, сконструировали измеряемую величину.

Итак, теоретическое конструирование допускает, по крайней мере, две целевые установки: с одной стороны, это объяснение каких-то уже известных явлений, это ответ на вопрос, как они устроены; с другой, – это построение новых объектов исследования. Это, вероятно, довольно общая закономерность динамики науки. Основатель почвоведения В.В. Докучаев впервые стал рассматривать почву как особое тело природы, представив ее как продукт целостного взаимодействия грунта, климата, рельефа местности, растений, животных и других организмов. Это было теоретическое построение, вскрывающее механизм почвообразования. В результате этой работы сформировался новый синтетический объект исследования, о котором сам Докучаев, противопоставляя свой подход традиционному, писал в 1899 году следующее: «Изучались главным образом *отдельные* тела – минералы, горные породы, растения и животные – и явления, *отдельные* стихии – *огонь* (вулканизм), *вода*, *земля*, *воздух*, в чем, повторяем, наука и достигла удивительных результатов, но не их *соотношения*, не та *генетическая*, *вековечная* и всегда *закономерная* связь, какая существует между *силами*, *телами* и *явлениями*, между *мертвой* и *живой* природой, между растительными, животными и минеральными царствами, с одной стороны, человеком, его бытом и даже духовным миром – с другой. А между тем именно эти *соотношения*, эти *закономерные взаимодействия* и составляют *сущность познания естества*, ядро истинной натурфилософии –

лучшую и высшую прелесть естествознания»⁹. Идеи Докучаева и заданный им образец породили в географии и биологии многочисленные конструкции, такие как ландшафт, биоценоз, биогеоценоз, экосистема, биосфера. Очевидно, что речь идет о новых объектах изучения.

Что такое факт?

Выше, сопоставляя теорию и инженерный проект, мы говорили о проектном задании, используя это понятие применительно к работе теоретика чисто метафорически. Согласно традиции, следовало, вероятно, говорить о фактах. Но что такое факт? Можно ли сказать, что он представляет собой фиксацию чего-то такого, что непосредственно дано в наблюдении, или и здесь мы сталкиваемся с конструированием? Говорят, например, что кругосветное путешествие есть эмпирическое подтверждение шарообразности Земли. Но разве кругосветное путешествие можно непосредственно наблюдать? Скорей всего, мы и здесь имеем дело с некоторой конструкцией, которая, кстати, уже предполагает шарообразность Земли. В такой же степени, говоря, что уходящий корабль скрывается за горизонтом, мы уже фактически предполагаем то, что еще надо доказать. Действительно, если мы уверены, что Земля плоская, то и термин «горизонт» приобретает совершенно другое значение. Во всяком случае, за таким горизонтом нельзя скрыться. Иными словами, мы и здесь имеем не столько факт, сколько теоретическую конструкцию.

А можно ли вообще считать, что именно акт наблюдения лежит в основе противопоставления эмпирического и теоретического? Сейчас, например, шарообразность Земли есть нечто данное в непосредственном наблюдении. Мы видим ее из космоса. Но означает ли это, что представления о земном шаре перестали лежать в основе теоретического объяснения тех явлений, о которых пишет Страбон, или обоснования возможности кругосветных путешествий? Статика Галилея представляет собой некоторую теоретическую конструкцию, но предлагаемые там преобразования вполне реализуемы и практически с реальными наблюдаемыми объектами.

Рассмотрим все это с более общих позиций. Существует традиционная, многовековая точка зрения, согласно которой содержание наших знаний определяет в конечном итоге чувственный опыт. Я не буду касаться различных вариантов этой точки зрения, ибо полагаю, что от нее надо отказаться в принципе. Содержание наших знаний определяет не чувственный опыт, а наша деятельность с теми или иными объектами. Конечно, не имея органов чувств, мы не могли бы познавать мир. Но в такой же, например, степени нельзя читать, не воспринимая букв, хотя очевидно, что не буквы определяют содержание текста. Чувственное восприятие явлений не порождает знаний. Знания в своей исходной форме – это описания человеческой деятельности. Неважно при этом идет ли речь о производственных актах или о научных экспериментах. Могут возразить и сказать, что описание деятельности предполагает ее восприятие. Это сложный и спорный вопрос, но сейчас нам важно подчеркнуть следующее. Во-первых, мир человеческой

⁹ Докучаев В.В. Сочинения. Т. VI. М.-Л., 1959. С. 399.

деятельности постоянно эволюционирует, а это, образно выражаясь, означает, что мы читаем все новые и новые «тексты». И это не развитие наших способностей чтения, не обогащение чувственного опыта, это развитие содержания «текстов». Во-вторых, описание целенаправленной деятельности – это описание того, что мы сами предварительно спланировали и сами реализуем. Это описание того, что уже предварительно описано на уровне некоторого проекта. Нам надо только установить, привела ли реализация проекта к ожидаемому результату или нет. Именно последнее и связано с наблюдением.

А можно ли наблюдать кругосветное путешествие? Разумеется, нет. Его нельзя наблюдать, но его можно осуществить. Только акт целенаправленной деятельности объединяет в этом случае множество событий, распределенных во времени иногда на несколько лет, в некоторое единое целое. Сказанное в принципе можно обобщить на любые акты деятельности. Мы их не наблюдаем, мы их реализуем в соответствии с некоторым проектом или образцом. В случае воспроизведения непосредственных образцов, дело обстоит несколько иначе, но в данной статье мы не будем этого обсуждать.

Рассмотрим в качестве примера известный эксперимент Лавуазье и Менье, который принято рассматривать как эмпирическое доказательство того, что вода состоит из кислорода и водорода. Менделеев описывает этот эксперимент следующим образом: «Прибор, устроенный ими, состоял из стеклянной реторты с водой, конечно, очищенную; вес ее был предварительно определен. Горло реторты вставлено в фарфоровую трубку, помещенную внутри печи и накалившую до-красна посредством углей. Внутри этой трубки были положены железные стружки, которые, при накаливании, разлагают водяные пары. Конец трубки соединен с змеевиком, предназначенным для сгущения части воды, проходящей без разложения через трубку. Эта сгустившаяся вода стекала в особую склянку. Образовавшийся чрез разложение газ собирался в водяной ванне под колокол. Водяные пары, проходя чрез накалившее железо, разлагались, и из них образовался газ, которого вес можно было определить по объему, зная его удельный вес. Кроме той воды, которая прошла неизменною через трубку, часть воды исчезла в опыте, и именно количество исчезнувшей воды равно было в опытах Лавуазье и Менье весу газа, собравшегося в колоколе, и прибыли в весе железных опилок. Значит, вода разложилась на газ, собравшийся в колоколе, и на вещество, соединившееся с железом, следовательно, она составлена из этих двух составных частей»¹⁰.

Совершенно очевидно, что эксперимент был заранее тщательно спланирован, иными словами, был построен некоторый инженерный проект. Не означает ли это, что так называемые научные факты – это тоже наши конструкции? Их специфика только в том, что предполагаемый результат проблематичен. Мы предполагаем, что результат должен быть именно таким, а не иным, но это надо проверить. Фактически в приведенном примере налицо два конструктора. В рамках первого мы конструируем эксперимент, в рамках второго – объясняем, интерпретируем его результаты. В данном примере второй конструктор

¹⁰ Менделеев Д. И. Основы химии. Т. I. М.-Л., 1947. С. 87.

задан представлениями о части и целом, о том, что сложные вещества составлены из простых, что вещества можно соединять и разлагать на составляющие. Важно при этом видеть, что первый конструктор тесно связан со вторым, что вся схема эксперимента уже создана в предположении, что воду можно разложить. Если бы эксперимент не подтвердил это предположение, то мог встать вопрос о построении нового теоретического конструктора.

Мы не обсуждаем здесь проблему соотношения эмпирического и теоретического или проблему развития теории. Нам важно, что конструируется не только теория, но и факты, представляющие собой описания целенаправленной человеческой деятельности. Теория существует на уровне проектов человеческой деятельности или «деятельности» Природы, факты – на уровне описаний реализованной деятельности. В реальной деятельности предметы проявляют свои функциональные характеристики, теория – это проект построения этих предметов с целью объяснения этих характеристик. Обобщая сказанное, теорию можно представить как взаимодействие двух разных конструкторов. При этом важно, чтобы теоретический конструктор оказывал обратное воздействие на конструктор технический, чтобы теория инициировала появление новых фактов. Например, на базе представлений о составе воды мы можем спроектировать и реализовать деятельность по ее «составлению», пропуская электрическую искру через смесь водорода с кислородом.

Могут возразить, что факты это не описания деятельности, а набор протокольных высказываний типа: «N наблюдал, что после включения тока стрелка прибора остановилась на цифре 5». Но существуют ли в реальном познании такие протокольные утверждения? Думаю, что нет. Конечно, можно искусственно создать такую ситуацию, когда исследователь посадит около прибора ничего не понимающего мальчика, поручив ему просто сообщать показания прибора, одного или двух, не имеет значения. Но с таким же, а, может, и с большим успехом можно создать говорящий прибор или автомат, который будет вычерчивать какой-нибудь график. Нам важны не показания прибора сами по себе, а вся запланированная ситуация в целом. Все приведенное выше описание эксперимента Лавуазье и Менье представляет собой факт, исключая только последнюю фразу, связанную с интерпретацией. Но, как мы уже отмечали, большая часть этого описания уже существовала на уровне проекта, включая и предполагаемый результат.

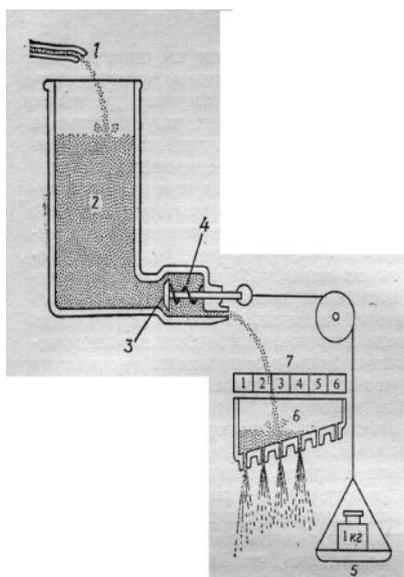
Теории объясняющие и феноменологические

Выше мы все время говорили об объяснении тех или иных явлений, об объясняющих теориях. Но существуют теории другого типа, которые в физике принято называть феноменологическими. Они описывают функционирование объекта, конструируют модель, которая имитирует это функционирование, но не отвечают на вопрос о строении этого объекта, о реальных механизмах его поведения. Такова, например, феноменологическая термодинамика в отличие от кинетической теории материи.

Чаще всего мы сталкиваемся в случае феноменологических теорий с математическим конструированием. Возьмем в качестве предельно простого примера закон Бойля-Мариотта, согласно которому давление и объем идеального газа при постоянной температуре подчиняются следующему соотношению: $VP = \text{Const}$. Часто говорят, что это эмпирический закон. Я полагаю, однако, что никаких эмпирических законов вообще не существует. Законы мы конструируем в рамках того или иного конструктора. Да, конечно, исторически имели место эксперименты Бойля, результаты которых были зафиксированы в виде таблиц. Стоп! Уже здесь мы сталкиваемся с теоретическим конструированием. Эксперимент предполагал измерения объема и давления газа, но для измерений нам нужно множество рациональных чисел, а как мне сказал один математик, «числа на дороге не валяются». Числа есть продукт теоретического конструирования. Иными словами, имея дело с таблицей, фиксирующей результаты эксперимента, мы уже попадаем в иной мир, в мир теоретических построений. И в этом мире, действуя уже по его правилам, мы должны сконструировать некоторую функцию, которая имитирует поведение газа.

Закон Бойля-Мариотта нельзя обнаружить эмпирически хотя бы потому, что он вообще не существует в газе самом по себе, не существует без соответствующей математики. Объем и давление не умножаются друг на друга, между ними не существует такого отношения, умножать мы можем только числа. И неужели кто-то полагает, что правила умножения или деления рациональных чисел – это тоже эмпирические законы! Иными словами, закон возникает только в контакте эксперимента и математического конструктора, без последнего его просто нет. Прав был Эмиль Мейерсон, когда писал: «Закон природы, которого мы не знаем, в строгом смысле слова не существует»¹¹.

Приведем еще один, несколько экстравагантный пример феноменологических теоретических построений, где отсутствует математика, но налицо чисто технический конструктор. Одной из важных



форм поведения животных являются комплексы фиксированных действий. Это сложные комплексы стереотипных движений, которые не зависят от прошлого опыта. Их вызывают какие-либо специфические внешние стимулы, которые играют роль только спускового механизма и в дальнейшем не играют никакой роли. Начавшись, эти действия продолжают до некоторого самоистощения, и их затем уже трудно вызвать до того, как произойдет накопление некоторой энергии. Все эти особенности лауреат нобелевской премии Конрад Лоренц представил в виде следующей

¹¹ Мейерсон Э. Тождественность и действительность. СПб., 1912. С. 20.

гидравлической модели¹². Здесь есть бак, в который наливается вода из крана. Когда вода достигает должного уровня, кран открывается под действием давления воды и внешнего стимула в виде гири. При падении уровня воды клапан закрывается и нам надо ждать, когда вода опять достигнет прежнего уровня. Гиря в данном случае – это внешний стимул, который вызывает определенное поведение, т.е. истечение воды; количество воды – это запас энергии, которая, истощаясь, прерывает соответствующее поведение. Струя воды падает в бак со шкалой, что позволяет измерять интенсивность осуществляемых действий. Модель Лоренца функционально аналогична математической модели закона Бойля-Мариотта, ибо она тоже имитирует поведение объекта, но на этот раз, вероятно, никто не будет сомневаться, что она не выведена из опыта.

Закон Бойля-Мариотта математически очень прост. Но какая разница, с какой математикой мы имеем дело, с элементарной алгеброй или с дифференциальными уравнениями. В обоих случаях мы работаем в рамках математического конструктора. И эта работа напоминает работу инженера. Великий физик П.Дирак писал «Если бы не инженерное образование, я, наверное, никогда не добился бы успеха в своей последующей деятельности, потому что достижение успеха требовало отказа от точки зрения, что следует иметь дело лишь с точными уравнениями и результатами, получаемыми логически из принятых на веру известных точных законов. Инженеры занимались поиском уравнений, пригодных для описания Природы. Им не было дела до того, как эти уравнения получены. Отыскав уравнения, инженер брался за логарифмическую линейку и получал необходимые ему результаты»¹³.

Нельзя не отметить, что противопоставление теорий объясняющих и феноменологических существенно зависит от наших рефлексивных установок. Никто, разумеется, не сомневается, что гидравлическая модель не описывает реальный механизм комплексов фиксированных действий. Тут все однозначно. Но вот математическим выражением, как показывает история, вполне можно придать статус объективной реальности, встав на точку зрения Гегеля или Платона. В такой же степени можно воспринимать кинетическую теорию материи как имитационную модель типа модели Лоренца, не имеющую отношения к реальным структурам. Особенно если мы уподобляем молекулы миллиардным шарам.

Классификация и сходные с ней образования

С другим типом конструирования мы сталкиваемся в случае классификации или районирования. Здесь, как и при теоретическом конструировании, налицо некоторое «проектное задание», но это не акты деятельности, в которых проявляются свойства конструируемого объекта, а задачи построения удобных ячеек социальной памяти. Иными словами, мы конструируем средства для систематизации знаний.

¹² См.: Дьюсбери Д. Поведение животных. М., 1981. С. 28.

¹³ Дирак П.А.М. Воспоминания о необычайной эпохе. М., 1990. С. 11.

Рассмотрим это более детально. Системы знания, с которыми мы сталкиваемся в науке, довольно четко и явно распадаются на две группы. К первой относятся построения, которые мы, несмотря на все их различия, привыкли величать теориями. Знания объединяются здесь за счет того, что их построение тесно связано с одним и тем же теоретическим конструктором. Кинетическая теория газов, например, объединяет знания о разных явлениях, но все эти явления объясняются на базе представлений о беспорядочном движении частиц в объеме газа. Ко второй группе относятся системы, в основе которых лежат такие образования, как классификация, типология, районирование, периодизация и т.п. Во всех этих случаях речь идет об описании некоторого многообразия явлений как бы по частям, по отдельным видам, типам, классам, районам, периодам. Всю эту группу мы будем называть предметно-дистинктивными системами знаний, ибо знание организуется в соответствии с различием и различной группировкой изучаемых предметов.

Обычно достаточно взглянуть на оглавление учебного руководства или монографии, чтобы понять, что ты имеешь дело с классификационной или, как говорят, таксономической системой знаний. Возьмем в качестве примера «Опыт описательной минералогии» В.И.Вернадского, в двух томах¹⁴. Первый том посвящен описанию самородных элементов, второй – описанию сернистых и селенистых соединений. Описание самородных элементов разбито на две больших части: твердые и жидкие самородные элементы и газообразные элементы. Внутри каждой из частей существуют более детальные подразделения вплоть до выделения отдельных видов минералов. Нетрудно видеть, что в основе такой системы знаний лежит классификация. Аналогичным образом строится любой курс описательной минералогии, описательной зоологии или ботаники, палеонтологии, петрографии и т.д. Классификация лежит в основе описания свойств различных соединений в курсах органической или неорганической химии. Короче, мы имеем дело с достаточно распространенным в науке явлением.

Но вернемся к Вернадскому. Легко заметить, что оглавление его труда собрано как бы на базе двух основных элементов. Первый – это классификация минералов, второй – программа описания отдельных видов или групп минералов, которая с незначительными вариациями повторяется на протяжении всего оглавления, а следовательно, и всей книги. Вот эта программа на примере описания самородного свинца: химический состав и физические свойства; нахождение в земной коре; самородный свинец в России; изменение самородного свинца, труд человека; методы диагностики самородного свинца. Это означает, что, определив некоторый минерал как самородный свинец, мы сразу получаем из книги Вернадского знания о его химическом составе, физических свойствах, нахождении в земной коре и т.д. Каждое классификационное подразделение – это как бы ячейка памяти, в которую мы записываем информацию о соответствующем виде или классе явлений.

¹⁴ Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т. 2. М., 1955; Т. 3. М., 1959.

Важно различать классификацию как таковую и классификационные, или таксономические, системы знания. Классификация сама по себе может быть достаточно произвольной, ибо любое множество можно разбить на подмножества большим количеством способов. Это относится и к районированию и к периодизации. Строго говоря, классификация, районирование или периодизация не являются знанием, примерно так же, как система терминов в той или иной дисциплине, они не бывают истинными или ложными, а только удобными в данной ситуации или нет. Это примерно так, как и спектр можно разбить различным образом на отдельные цвета. И если англичане не выделяют особо голубой цвет, то это не значит, что они ошибаются. В науке существуют разные классификации одних и тех же объектов, удобные или нет в том или ином отношении и связанные часто с разными целевыми установками.

Сказанное относится и к районированию. Вот что пишет по этому поводу американский географ Престон Джемс: «Однако "правильной" системы районов, или системы "подлинных районов", не существует; ни одна система районов не является абсолютно верной, так же как и все остальные не являются полностью ошибочными»¹⁵.

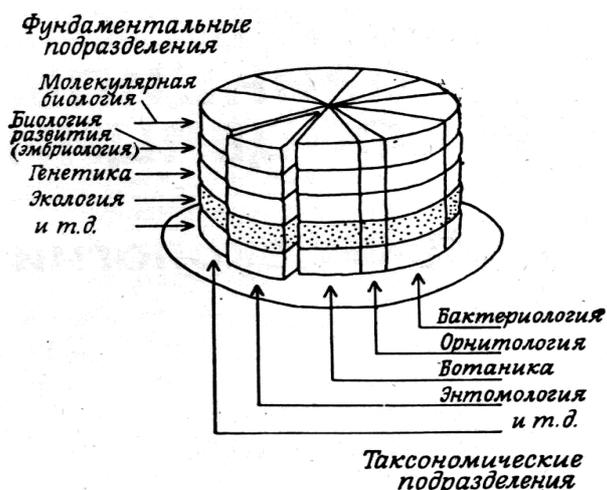
Но если классификация или районирование ложатся в основу некоторой системы знания, то, очевидно, что строить их надо, исходя из принципа оптимизации той информации, которую можно записать в каждую ячейку. Это общий принцип конструирования, значимый не только для классификации, но и для всех предметно-дистинктивных систем знания. Трудность состоит в том, что мы получаем все новые и новые знания о классифицируемых объектах, что часто требует перестройки и иной организации ячеек памяти. Вернадский, например, подчеркивает, что, поставив перед минералогией новые задачи, он вынужден был изменить и классификацию. «В связи с этим, – пишет он, – мною критически пересмотрены все данные, касающиеся генезиса минералов и их химического состава. Очевидно, это вызвало необходимость новой классификации минералов, которая была мною выработана...»¹⁶. Иными словами, в рамках таксономической системы знания классификация как бы подконтрольна требованиям того целого, в рамках которого она должна играть определенную роль.

Вот еще одно аналогичное высказывание: «Классификации постоянно изменяются. Частично это является результатом расширения наших знаний о богатстве живого мира. Частично приходится создавать новые высшие категории, чтобы отразить различия между новыми и давно известными видами. Кроме того, изменения в классификации обусловлены накоплением теоретических знаний о механизмах эволюции. Поэтому можно сказать, что классификация всегда отражает современный ей уровень эволюционного мышления. Системы классификации, используемые разными одинаково высококвалифицированными учеными, обычно различаются просто потому, что по-разному интерпретируется эволюция»¹⁷.

¹⁵ Американская география. М., 1957. С. 30.

¹⁶ Вернадский В.И. Избранные сочинения. Т. 2. М., 1955. С.9.

¹⁷ Раун Д., Стенли С. Основы палеонтологии. М., 1974. С. 125.



зоологии, орнитологии, микологии и т.д. С одной стороны, они связаны с соответствующими классификационными построениями, с другой – с дисциплинами, задающими программы исследования, которые иногда именуют фундаментальными. Это дисциплины типа анатомии, физиологии, генетики, теории эволюции, экологии... Известный биолог Ю. Одум отобразил эти связи в виде схемы, имеющей форму слоеного пирога разделенного на дольки¹⁸. Схема, в частности, хорошо показывает, что все фундаментальные биологические дисциплины работают на классификацию.

Итак, можно сказать, что мы сталкиваемся с инженерной по своей сути, конструкторской деятельностью во всех областях познания. Мы создаем и реализуем проекты производственной и экспериментальной деятельности, конструируем числа и множество других математических объектов, конструируем системы координат, необходимых для фиксации тех или иных явлений. Наконец, любая теория и даже факты, на которых она базируется, – это продукты конструирования. Я думаю, можно усилить этот тезис и представить все познание как конструирование. Суть в том, что мы познаем не мир как таковой, не предметы и явления в их первоизданном виде, а нашу деятельность с этими предметами и явлениями, которые, кстати, только и приобретают свою самость в этой деятельности. Но деятельность реализуем мы сами, мы ее проектируем и строим, иными словами, мы познаем то, что сами творим, хотя и в соавторстве, ибо везде проглядывает «чужая рука». Но эта рука проглядывает и в творчестве инженера.

¹⁸ Одум Ю. Основы экологии. М., 1975. С. 10.