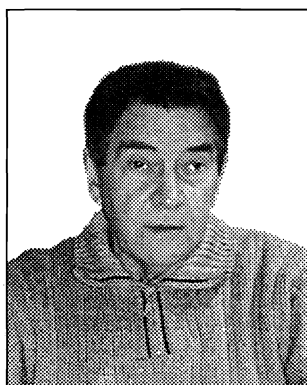




# Т

## еория и инженерное конструирование<sup>1</sup>

*М.А. РОЗОВ*



Человек уже давно живет не столько в мире пер-возданной Природы, сколько в мире им самим созданных вещей. Частично эти вещи возника-ли случайно и как бы побочным образом в ходе человеческой практики, но в очень значитель-ной своей части они были сознательно сконст-руированы и построены. Окружающий нас мир в этом плане — это продукт инженерного кон-струирования, продукт реализации инженерных проектов. И по мере эволюции этого мира из-менялось и поведение человека, изменялся и разнообразился мир возможных действий и их комбинаций. Было время, когда не было такой операции, как зажечь спичку, или нажать кноп-ку, или повернуть ключ в замке зажигания, или войти в Интернет... Такой список можно про-должать и продолжать, включая в него как каж-додневные бытовые, так и производственные операции. Нам хотелось в данной статье рас-смотреть в свете этого достаточно очевидного,

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РГНФ, код проекта 03-03-00162а



вообще говоря, факта некоторые проблемы эпистемологии и, в частности, вопрос о природе теоретического мышления.

## ОТКРЫТИЕ И ИЗОБРЕТЕНИЕ

Традиционно мы различаем и противопоставляем друг другу открытия и изобретения. Лауреат нобелевской премии 1904 г У. Рамсей пишет: «Между открытием и изобретением есть известная разница. Открытие раскрывает, что существовало и раньше, но не было еще известно. Изобретение есть создание чего-то такого, что до сих пор не существовало еще. Тем не менее, полагаю, что как изобретение, так и открытие делаются почти одинаковым образом»<sup>2</sup>. Вспоминая знаменитую задачу о короне царя Гиерона, Рамсей замечает, что установление того, что корона состоит из золота, — это открытие, а метод определения удельного веса твердых тел был изобретением Архимеда.

Сказанное Рамсеем можно обсуждать и обсуждать. Возникает много вопросов и предположений.

1. Продукты развития науки в очень значительной своей части состоят из методов. Это методы экспериментальные и теоретические, методы измерения и расчета, методы объяснения или прогнозирования явлений. Не означает ли это, что история познания и науки — это, прежде всего, история не открытий, а изобретений?

2. Не получается ли так, что открыть в природе можно только то, что уже было предварительно изобретено? Действительно, как появляется задача с короной Гиерона? Царь подозревает, что его обманули, и корона сделана не из золота, а из сплава золота с серебром. Он хочет это проверить. Архимед устанавливает, что корона сделана не из сплава. Но это означает, что указанный сплав уже изобретен, что люди уже умеют сплавлять металлы. В противном случае нечего и проверять. Или другой пример: допустим, что ботаник открыл новый вид растений. Но, что значит «новый»? Это значит, вероятно, что обнаруженное растение не укладывается в существующую классификацию. Но классификация в таком случае уже должна быть построена. Классификацию мы не открываем, мы ее изобретаем.

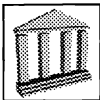
<sup>2</sup> Рамсей У., Оствальд В. Популярно-научные очерки. Петроград, 1920. С. 3.



3. Можно ли отнести к числу открытий «открытие» новой химической реакции или того «факта», что вода состоит из кислорода и водорода? Мы же должны предварительно построить, изобрести определенный способ действия, мы должны построить проект эксперимента. Известный эксперимент Лавуазье по разложению воды предполагал пропускание водяного пара через раскаленные железные стружки с последующим собиранием выделяющегося газа (водорода). Но такая установка не могла возникнуть случайно. Ясно, что Лавуазье все предвидел и заранее проектировал. Где же здесь открытие? Похоже, что оно состоит в простой проверке того, что изобретено. Лавуазье изобрел установку для получения окиси железа и водорода и убедился в ходе эксперимента, что установка работает именно так, как предполагалось. Но ведь таким способом проверяется любое изобретение. Можно возразить и сказать, что открытие состоит совсем в другом: открытие — это наша интерпретация указанного эксперимента. Да, мы получили окись железа и водород, но на этом основании мы утверждаем, что вода *состоит из водорода и кислорода*. Но можно ли это открыть? Это тоже можно только изобрести. Мы должны «придумать», что есть вещества простые и сложные, что сложные «составлены» из простых. Мы при этом, вероятно, рассуждаем по аналогии с другими изобретениями: дом состоит из бревен или камней, ткань из отдельных нитей... Бросается в глаза, что Лавуазье уже должен был знать или предполагать, что кислород вступит в соединение с железными опилками, а водород выделится в виде газа. Итак, в эксперименте Лавуазье перед нами не одно, а два изобретения, каким-то образом связанные друг с другом. Мы, с одной стороны, изобретаем некоторое «устройство» для вещества, предполагая, что оно аналогично устройству Природы, а с другой — изобретаем эксперимент, результаты которого можно предсказать с опорой на это «устройство». Так что же является открытием? Может быть, оно в проверке соответствия и связи двух изобретений?

4. А можно ли открыть закон Природы? Думаю, что и законы мы не открываем, а изобретаем. Возьмем, например, известный закон Кулона для двух точечных зарядов:

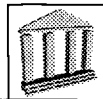
$$F = f \frac{q_1 q_2}{r^2}$$



Разве такую формулу можно открыть? Ее же заведомо нет в Природе, т.к. операции умножения, деления, возведения в степень существуют для чисел, а не для электрических зарядов и расстояний. И числа, а также вся система арифметики и алгебры изобретены человеком. Я уже не говорю о точечных зарядах, которых тоже нет в Природе. Как же возникает такой закон? Здесь можно рассуждать по аналогии с предыдущим случаем. Перед нами тоже два связанных друг с другом изобретения: с одной стороны, мы должны изобрести измерительный эксперимент, дающий нам определенные числовые значения, а с другой — изобрести соответствующую математическую конструкцию. Все это напоминает задачу с моделированием «черного ящика». В данном случае такой ящик представлен экспериментами Кулона, где на вход подаются некоторые числовые значения, заданные экспериментатором, а на выходе мы получаем другие значения, выдаваемые нам измерительным устройством. Задача в том, чтобы сконструировать другой «ящик», который перерабатывал бы числовые параметры аналогичным образом. Такая конструкция может быть математической, механической, биологической... — это уже другой вопрос.

Итак, во всех приведенных случаях мы сталкиваемся не столько с открытиями, сколько с изобретениями, т.е. с продуктами инженерной конструкторской работы. «Если бы не инженерное образование, — написал в своих воспоминаниях великий физик Дирак, — я, наверное, никогда не добился бы успеха в своей последующей деятельности»<sup>3</sup>. Но не означает ли это, что все наши знания — это продукты вольной игры воображения? Разумеется, нет. Инженер или изобретатель всегда тесно связан в своей работе с желанием или требованием, чтобы созданная им конструкция функционировала определенным заданным образом. Но что значит «функционировала»? Если речь идет о машинах того или иного типа, то это означает, что они могут быть успешно включены в нашу деятельность, которая в свою очередь тоже изобретена. Наши операции, наши действия не вытекают из природы объекта, они им только контролируются. Кстати, хочется подчеркнуть, что описание наших действий тоже носит специфический характер, ибо мы при этом фиксируем не просто то, что, согласно традициям классического эмпиризма, дано нам в наблюдении, а то, что сами уже запланировали и сами реализуем.

<sup>3</sup> Дирак П. Воспоминания о необычайной эпохе. М., 1990. С. 11.



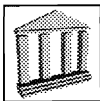
## ПОНЯТИЕ РЕПРЕЗЕНТАТОРА

Любое знание выделяет в действительности или конструирует некоторый объект (явление, ситуацию), который мы будем называть референтом знания, и приписывает этому объекту определенную характеристику. Эту последнюю мы будем называть репрезентатором. Существует огромное множество таких характеристик, которое при этом постоянно обогащается и эволюционирует. В эпистемологии и философии науки, к сожалению, не существует никакой более или менее детальной классификации репрезентаторов, если не считать их категориальных характеристик. Традиция выделения типов знания по их категориальному содержанию идет еще от Аристотеля, но такая типология по определению является очень общей и при этом чисто содержательной. Можно, например, попробовать разделить все характеристики на качественные и количественные, но в число последних попадут как результаты визуальных сопоставлений, так и результаты сложнейших экспериментов. А потом возникает принципиальный вопрос: можно ли отделить результат измерения от описания самих измерительных процедур?

Мы, не претендуя на полноту, будем выделять следующие типы репрезентаторов.

1. Морфологические репрезентаторы или репрезентаторы-эталоны. Если, например, мы характеризуем вещество по цвету, то нам нужны образцы цветов. Если мы утверждаем, что газ имеет запах горького миндаля, то это не несет почти никакой информации для человека, который никогда не сталкивался с таким запахом. Наука нуждается в сохранении огромного количества образцов различных объектов, необходимых для их идентификации. Это образцы минералов и горных пород, коллекции насекомых, гербарии, зоологические музеи... Это, наконец, измерительные эталоны. Не все образцы такого рода можно хранить, но они, так или иначе, воспроизводятся в практической жизни, в научных лабораториях или в Природе. Вот небольшой отрывок из книги, посвященной фторорганическим соединениям: «Пентафторпиримидин — бесцветная жидкость с запахом ароматических галогенпроизводных»<sup>4</sup>. Говорит ли вам что-либо этот отрывок, если вы никогда не были в химической лаборатории и не имели дела с ароматическими галогенпроизводными?

<sup>4</sup> Синтезы фторорганических соединений. М., 1973. С. 134.



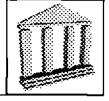
Одной из особенностей знаний с морфологическими репрезентаторами является их частая зависимость от соответствующей экспертизы. Как доказать, что мы в данном случае имеем дело именно с таким цветом или именно с таким запахом? Нам нужен опытный эксперт. Получается так: знание *P* истинно, если и только если эксперты считают, что *P*. И это касается отнюдь не только цветообозначений или запахов. Вот интересное признание известных биологов: «Согласно несколько циничному, но содержащему долю истины определению, вид — это группа особей, которую компетентный систематик считает видом»<sup>5</sup>.

Куда следует отнести морфологические репрезентаторы? Мы их открываем или изобретаем? Если говорить об измерительных эталонах и способах их сопоставления с измеряемыми величинами, то это, несомненно, наши изобретения. Изобретены нами и измеряемые величины типа температуры, удельного веса, работы, энергии, заряда... Запахи и цвета, строго говоря, не являются нашими сознательными изобретениями, хотя такое понятие как «запах галогенпроизводных» никогда не появилось бы без развития химии и без изобретения новых соединений. Что касается шкалы цветов, то давно ясно, что она есть порождение той или иной культуры, она если и не изобретена, то и не открыта.

2. Другая и очень представительная группа репрезентаторов — это репрезентаторы операциональные. Речь идет о характеристике референта знания через указание способов его использования или получения, через описание связанных с ним способов деятельности вообще. Огромный массив научных знаний представляет собой описание реально проделанных или так называемых мысленных экспериментов. Например, в уже упомянутой работе «Синтезы фторорганических соединений» мы на каждой странице встречаем описание способа получения того или иного вещества. Всего в книге описаны способы синтеза более двухсот фторорганических соединений. Очевидно, что это изобретения.

Операциональные репрезентаторы тесно связаны с морфологическими. Нельзя задать эталон, не указывая способ или образец его сопоставления с объектом, способ сравнения. Килограммовая гиря может служить эталоном формы, цвета, объема, определенного материала... Гирей она становится только тогда, когда мы задали некоторую процедуру взвешивания. В такой же сте-

<sup>5</sup> Ромер А., Парсонс Т. Анатомия позвоночных. Т.1. М., 1992. С. 27.



пени нельзя задать те или иные элементарные операции, если мы не способны в конечном итоге их продемонстрировать, т.е. тоже задать некоторые эталонные образцы. И все же это очень разные виды репрезентаторов, ибо в одном случае на первое место выдвигается процедура сравнения, а в другом — все многообразие видов деятельности.

Операциональные репрезентаторы достаточно разнообразны. Для удобства дальнейшего изложения мы выделим следующие две группы.

а) Функциональные репрезентаторы. Референт характеризуется через указание его функций в актах деятельности, где он может выступать в качестве объекта деятельности, продукта или средства. При этом речь не идет о какой-либо интерпретации или объяснении этих функций.

б) Объясняющие репрезентаторы. Сюда можно отнести репрезентаторы-конструкты, фиксирующие деятельность по конструированию объекта из каких-либо элементов, и репрезентаторы-трансформеры, которые описывают некоторый способ преобразования объекта, сохраняющий интересующие нас его параметры. Примером таких преобразований могут служить преобразования чертежей в геометрии Евклида или чисто технические преобразования, с которых начинала свое развитие статика. Они напоминают так называемые тождественные преобразования в алгебре, с которыми знаком любой школьник. С их помощью удастся свести, трансформировать изучаемый объект, к объекту уже изученному. Так, например, при исследовании площади трапеции мы с помощью преобразований чертежа сводим ее к треугольнику.

3. Кроме того, значительная часть научных знаний описывает не операции самого человека, а действия природных сил. Это онтологизированные операциональные репрезентаторы. Иногда они явно представляют собой некоторое преобразование обычных операциональных репрезентаторов, а иногда просто особую форму записи. Можно, например, описывая правила шахматной игры сказать, что слона мы должны передвигать только по диагоналям, а можно и так: слон ходит только по диагоналям. Во втором варианте наши действия мы приписываем шахматной фигурке, передавая ей, таким образом, функции действующего лица. Назовем это актом онтологизации. В случае с шахматами у нас нет для такого преобразования никаких оснований, и речь может идти только о форме речи. Более того, мы при этом создаем иллюзию, что деревяшка на доске обладает какой-то самостоятельностью. Иллюзии такого рода очень распро-





странены в гуманитарных науках. «Мы будем говорить, — пишет А. Черч, — что имя *обозначает* или *называет* свой денотат и *выражает* его смысл. Мы можем сказать и короче, что имя *имеет* данный денотат и *имеет* данный смысл. О смысле мы говорим, что он *определяет* денотат или что он есть *концепт* этого денотата»<sup>6</sup>. Очевидно, однако, что имя само по себе обладает не большей самостоятельностью, чем шахматная фигура.

В других случаях все не так просто. Вот отрывок из уже цитированной работы о фторорганических соединениях: «С безводным фтористым водородом можно работать в медной, стальной, полиэтиленовой аппаратуре или в аппаратуре, изготовленной из фторпласта-4. Даже разбавленный фтористый водород при попадании на кожу вызывает болезненные и долго незаживающие ожоги. Пары фтористого водорода раздражают дыхательные пути и слизистые оболочки»<sup>7</sup>. Первая часть отрывка представляет собой обычную функциональную репрезентацию, описывающую наши возможные действия с объектом. А вот вторая часть контрастирует с первой, ибо речь идет о действиях самого фтористого водорода. При этом важно обратить внимание на следующее: первоначально, вероятно, какой-то химик, работая с указанным веществом, получил ожоги. Это *он* их получил, *он* проводил эксперимент, и всю ситуацию можно было описать как ситуацию *его* деятельности. Но в приведенном отрывке функции действующего лица переданы самому веществу. Здесь для этого есть определенные основания, т.к. появление ожога не предписано какими-либо нашими правилами.

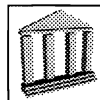
Явление онтологизации очень мало изучено. Неясно, что при таких преобразованиях сохраняется, т.е. является инвариантом, какова функциональная значимость этих преобразований в познании, чем исторически обусловлено их возникновение. Есть основания предполагать, что онтологизированные знания всегда базируются в конечном итоге на обычных операциональных репрезентаторах, но такое предположение еще должно быть подтверждено специальным анализом.

Бросается, однако, в глаза, что все виды операциональных репрезентаторов находят своих аналогов и в мире онтологизированных знаний. Некоторые примеры мы приведем ниже. Важно так же и то, что и операциональные, и онтологизированные репрезентаторы мы не открываем, а изобретаем, они есть про-

<sup>6</sup> Черч А. Введение в математическую логику. М., 1960. С. 19.

<sup>7</sup> Синтезы фторорганических соединений. М. 1973. С. 13.





дукт инженерной конструирующей деятельности. Нас в дальнейшем будут интересовать прежде всего репрезентаторы-конструкты и репрезентаторы-трансформеры вместе с их онтологизированными вариантами.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ КОНСТРУКТОР И КОНСТРУИРОВАНИЕ

Конструктором мы будем называть некоторое множество объектов, для которых заданы определенные способы их преобразования. Всем известны детские конструкторы типа кубиков, из которых можно собирать различные строения, или набора металлических деталей для сборки разнообразных машин. В нашей повседневной жизни мы постоянно что-то конструируем, перебирая различные возможные варианты. Допустим, вы переехали на новую квартиру и расставляете мебель. В поисках наилучшего способа размещения, вы тоже работаете в некотором конструкторе. Здесь нет четкого набора сформулированных правил, но очевидно, что нельзя перегородить столом дверь или шкафом закрыть окно, нельзя поставить диван так, чтобы не открывались дверцы шкафа, и т. д. Дело вообще не в правилах, если под правилами иметь в виду четкие словесные формулировки. Способы работы в рамках конструктора могут быть заданы и в виде постоянно воспроизводимых образцов, т.е. на уровне социальных эстафет.

Любое изобретение предполагает поиск и перебор каких-то вариантов, т.е. работу в рамках определенных конструкторов. Они при этом, разумеется, отличаются друг от друга. Создатель авиационных двигателей работает не в том конструкторе, в котором работает архитектор, хотя не исключено и их частичное пересечение. Репрезентаторы, о которых мы говорили выше, тоже изобретаются, т.е. конструируются, а, следовательно, предполагают наличие соответствующего конструктора. Следует, однако, сделать существенное дополнение. Изобретатель вовсе не обязательно должен перебирать какие-то комбинации из реальных деталей. Чаще всего он сидит за кульманом или за письменным столом, а может быть, выгуливает собаку или даже спит. Все это, в принципе, не мешает его работе, ибо он работает в рамках особого конструктора, который мы будем называть теоретическим.

Теоретический конструктор обладает одной существенной особенностью: в его рамках мы предполагаем, что реализация заданных образцов или правил всегда возможна и всегда приводит к одному и тому же результату, иначе гово-



ря, мы не учитываем и не оговариваем множества различных привходящих обстоятельств, которые подстерегают нас при работе с эмпирическими объектами. Возникает естественный вопрос: с чем же мы работаем, с чем оперируем в рамках теоретического конструктора? Очевидно, что не с реальными объектами, с которыми всегда может что-то не получиться. Часто говорят в таких случаях о действиях с так называемыми идеальными или идеализированными объектами. Вот определение мысленного эксперимента, данное в философском энциклопедическом словаре: «Относясь к области теоретического знания, он представляет собой систему мысленных процедур, проводимых над идеализированными объектами»<sup>8</sup>. Есть, оказывается, особые мысленные процедуры, которые даже образуют систему. Может быть, и есть, но как их обнаружить и зафиксировать имеющимися у нас средствами? Это, к сожалению, отсылает нас в мир ментальных состояний, который, как нам представляется, совершенно недоступен в настоящее время объективному исследованию.

Можно, однако, полностью обойтись без подобных представлений. С нашей точки зрения, тайна работы в теоретическом конструкторе кроется в разделении труда. Вот забивает человек гвоздь, и нет у нас никакого сомнения, что он при этом работает с такими материальными объектами, как доска, гвоздь, молоток. Очевидно также, что он много раз видел, как забивают гвозди, и действует, воспроизводя имеющиеся у него образцы. И вот возникает ситуация, когда нужно объяснить другому, как забивается гвоздь. «Приставьте гвоздь острием перпендикулярно к нужному месту на доске, — говорит этот человек, — ударьте по шляпке молотком. Теперь гвоздь вошел в доску на некоторую глубину. Пусть он уже держится сам, и вы можете отпустить руку...» И вот возникает вопрос: с какими объектами действует сам инструктор? А не забивает ли он при этом в своей голове некий идеальный гвоздь? Да ведь ничего не изменилось, кроме одного: раньше плотник непосредственно воспроизводил образцы своего ремесла, а теперь он вынужден их вербализовать в форме набора команд. С чем же он оперирует? Да, разумеется, с этими самыми образцами и командами. Кстати, в качестве образцов может при этом выступать реальная, материальная деятельность, но, подавая команды, наш инструктор все же работает в теоретическом конструкторе, ибо предполагает, что все его команды реализуемы и в

<sup>8</sup> Философский энциклопедический словарь. М., 1989. С. 759.



данной конкретной ситуации, отличной от той, которую он когда-то наблюдал. Что касается ученика, то он сплошь и рядом может столкнуться с тем, что гвоздь неожиданно согнется или сломается, молоток соскользнет и ударит по пальцу и т.п.

Неслучайно поэтому теоретические тексты очень напоминают такого рода команды. Надо, правда, при этом учитывать, что в естествознании мы сталкиваемся чаще всего с онтологизированными конструкторами, где действия приписаны самим объектам. Вот отрывок из работы Ч. Дарвина, где он начинает излагать свою теорию образования атоллов, низменных коралловых островов кольцеобразной формы с мелководной лагуной внутри. «Итак, возьмем остров, окаймленный береговыми рифами, строение которых очень просто и легко объясняется; пусть этот остров со своими рифами... медленно погружается в океан. Судя по всему, что известно об условиях, благоприятствующих развитию кораллов, мы можем с уверенностью утверждать, что по мере того, как остров будет погружаться, ... живые массы, омываемые прибоем волн на краю рифа, вскоре снова достигнут поверхности».<sup>9</sup> В нашу задачу не входит пока изложение сути развиваемой дальше теории, важно, однако, обратить внимание на сам характер рассуждения.

Бросается в глаза, что Дарвин ведет себя как Бог или могущественный волшебник: «Пусть этот остров со своими рифами медленно погружается в океан», — говорит он, точно все силы мироздания только и ждут его распоряжений. Но он не одинок. Нечто подобное можно встретить в любом учебнике физики: «Пусть какое-нибудь тело скользит по другому телу. Благодаря трению это движение будет постепенно замедляться и, в конце концов, система придет в состояние теплового равновесия, причем движение прекратится»<sup>10</sup>. Оба отрывка очень напоминают какую-то игру: делается «ход», а потом обсуждаются его последствия. Действительно, представьте себе шахматистов, которые вслепую, т.е. не глядя на доску и не передвигая фигур, анализируют какую-нибудь позицию: «Пусть белые ходят Кd5, — говорит один, — тогда...» Разве это не напоминает текст из учебника физики?

Теоретическая «игра», как и любая другая, всегда ведется по некоторым правилам. В приведенном отрывке Дарвин подчеркивает, что его конструктор построен на базе уже накопленных знаний: «Судя по всему, что известно об услови-

<sup>9</sup> Дарвин Ч. Путешествие натуралиста вокруг света. Соч. Т. I. М. — Л., 1935. С. 395—396.

<sup>10</sup> Ландау Л.Д., Ахиезер А.И., Лифшиц Е.М. Курс общей физики. М., 1965. С. 189.



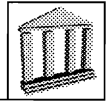
ях, благоприятствующих развитию кораллов, мы можем с уверенностью утверждать...». Было бы интересно, проследить, каким образом формировался этот конструктор и не связан ли он в конечном итоге с чисто операциональными репрезентаторами. Автор не проводил в данном случае такого исследования. Но очень часто теоретический конструктор представляет собой набор предписаний, напоминающих нашу инструкцию по забиванию гвоздя. Связь этих предписаний с образцами материальной деятельности здесь очевидна. Вот отрывок из «Термодинамики» Энрико Ферми. Вводя понятие о механическом эквиваленте теплоты, Ферми предлагает перевести некоторый объем воды из начального состояния с температурой  $T_a$  в состояние с температурой  $T_b$  двумя разными способами. 1. «Нагреваем воду, помещая ее над пламенем, и повышаем температуру от начальной величины  $T_a$  до конечной  $T_b$ ». 2. «Повышаем температуру воды от  $T_a$  до  $T_b$ , нагревая ее посредством трения. С одного конца сосуда погружаем в воду маленькую установку из прикрепленных к оси лопастей, которые, вращаясь, размешивают воду. Температура воды возрастает непрерывно до тех пор, пока лопасти продолжают вращаться»<sup>11</sup>.

Здесь может возникнуть естественный вопрос. А почему, собственно говоря, текст Ферми свидетельствует о работе в теоретическом конструкторе? А не представляет ли он собой простое описание реальных экспериментов, которые, несомненно, имели место в истории физики? Ни в коем случае. Описание реального эксперимента — это фиксация того, что произошло в определенном месте и в определенное время, а инструкция, которая строится на этой основе, неизбежно предполагает, что ее предписания всегда осуществимы при указанных условиях. Это и является признаком теоретического конструирования.

## ТЕОРИЯ И ЕЕ ВИДЫ

Теория — это совокупность знаний, объединенная тем, что все репрезентаторы в пределах этой совокупности либо непосредственно строятся с помощью некоторого конструктора, либо получаются путем конструктивного преобразования изучаемых объектов и сведения их к объектам, уже изученным. Так, например, в рамках атомистических представлений мы можем сконструировать

<sup>11</sup> Ферми Э. Термодинамика. Харьков, 1969. С. 19-20.

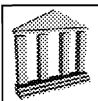


модель газа, жидкости, твердого тела, можем сконструировать механизм огромного количества явлений. Указание на то, как построен, как сконструирован объект — это и есть в данном случае репрезентатор. Очевидно, что речь идет об изобретениях.

Можно выделить три типа теорий в зависимости от способа построения конструктора: теории *инквизитные*, *эксquisite* и *квазиэксquisite*.

1. В случае инквизитных теорий конструктор задан на множестве самих изучаемых объектов. Так, например, в геометрии Евклида заданы правила преобразования геометрических фигур, правила построения, с помощью которых мы можем редуцировать одни объекты к другим, уже изученным. Нечто аналогичное мы имеем в истории развития статики. В статике Галилея на базе чисто технических преобразований все простые машины сводятся к рычагу. Легко, например, показать, что ворот — это рычаг, более сложно, но возможно, сделать это применительно к наклонной плоскости; винт Галилей рассматривает как наклонную плоскость, накрученную на цилиндр.

Работа в таком чисто техническом конструкторе требует большой изобретательности. 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 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»<sup>12</sup>.

Но рассмотрим область знания, очень далекую от физико-математических дисциплин. В океане встречаются кольцеобразные острова, образованные кораллами. Это атоллы или лагунные острова. Их загадка в том, что окружающий их океан имеет, как правило, очень большие глубины, в то время как кораллы живут только на мелководье. Известны вообще три типа коралловых построек: береговые коралловые рифы, расположенные непосредственно у берега и не представляющие собой ничего загадочного, барьерные рифы, отделенные от берега лагуной, и, наконец, совершенно изолированные и окруженные океаном атоллы. Ч. Дарвин строит теорию, согласно которой атоллы образуются за счет опускания океанического дна. При этом предполагается, что опускание происходит достаточно медленно, чтобы кораллы успевали расти и оставаться у поверхности. Два других типа коралловых построек — это последовательные этапы развития атолла. Нетрудно видеть, что Дарвин с помощью некоторых преобразований сводит атоллы к береговым рифам, что объясняет и само существование, и некоторые особенности лагунных островов. Это тоже инквизитная теория. От предыдущей она отличается тем, что Дарвин онтологизирует свой конструктор, предполагая, что нужные преобразования осуществляет сама Природа.

Некоторый материал для обсуждения проблемы онтологизации дает история развития эволюционных идей в биологии. Первые варианты связаны здесь с попытками построить инквизитную 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»<sup>13</sup>. Рассуждения такого рода были в ту эпоху достаточно парадигмальными. П. Кампер, будучи не

<sup>12</sup> Лагранж. Аналитическая механика. Т.1. М—Л., 1938. С. 14.

<sup>13</sup> Цит. по: Канаев И.И. Очерки из истории сравнительной анатомии до Дарвина. М. — Л., 1963. С. 35.



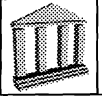
только ученым, но и художником, проделывал подобные преобразования с помощью рисунков, превращая, например, корову в страуса. Жозеффуа Сент-Илер построил удивительную концепцию, согласно которой млекопитающие есть как бы вывернутые наизнанку насекомые: если у млекопитающих внутренние органы расположены вокруг позвоночника, то у насекомых — внутри хитиновой трубки. Однако если в механике подобные преобразования в рамках теоретического конструктора соответствовали образцам реальной материальной деятельности, то в биологии уже в XVIII веке начинают искать какие-то силы Природы, ответственные за эти метаморфозы. Интересно, что после ряда попыток (Жозеффуа Сент-Илер, Ламарк) Дарвин, наконец, строит удовлетворительную инквизитную теорию путем онтологизации деятельности селекционеров.

2. Перейдем к эксквизитным теориям. Здесь изучаемые явления теоретически строятся на базе конструктора, который задан на объектах совсем другой природы. Например, в кинетической теории материи изучаемые объекты типа газа строятся на базе атомных представлений, причем, что очень важно, движение и столкновение атомов подчиняется законам механики. Конструктор, таким образом, частично заимствуется из другой области знания, но за счет некоторых промежуточных предположений. Предполагается в частности, как это делает Больцман, что атомы — это упругие шарики. Теория приобретает как бы две экспериментальные базы: экспериментальное изучение газов, с одной стороны, и эксперименты в механике, с другой.

Как видно из сказанного, эксквизитные теории имеют довольно сложное строение. Кинетическая теория газов складывается в традициях атомистики, механики, в традициях экспериментального изучения газа. Она фактически включает в себя основные представления механики как теории. Поэтому и ее историческое развитие многопланово, она меняет свое лицо в зависимости от развития всех указанных традиций и теорий, включая, например, эволюцию наших атомно-молекулярных представлений и возникновение квантовой механики.

В рамках эксквизитных теорий изучаемые объекты очень часто первоначально описываются на базе функциональных репрезентаторов, а уже потом изобретается конструкция, способная объяснить их поведение. В этом случае построение эксквизитной теории очень напоминает работу инженера-конструктора, который должен спроектировать устройство с заданными функциональными характеристиками. Так, например, кинетическая теория газов строилась с уче-





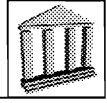
том уже известных газовых законов, атомная модель кристаллов пыталась объяснить их симметрию.

Совсем другой пример экзотических теорий — это теории математизированные, где главную роль начинает играть математический конструктор. Простейшие случаи связаны здесь с использованием геометрических методов в механике и астрономии. Уже Эратосфен в III веке до н.э., измеряя длину меридиана, строит чертеж, в котором наряду с кругом, изображающим Землю, и радиусами, присутствуют также падающие на Землю солнечные лучи в виде параллельных прямых линий. Чертеж, таким образом, сводит в единый геометрический образ совершенно разные объекты, нивелируя их различия и позволяя использовать в дальнейшем чисто геометрические рассуждения. Можно сказать, что именно в таких ситуациях геометрия впервые начинает функционировать не как теория реального пространства, а как математический аппарат, допускающий разные интерпретации. Можно привести огромное количество аналогичных и более красноречивых примеров, но это потребует чертежей и сильно увеличит объем статьи. Нет здесь места и для рассмотрения современных математизированных теорий. Укажем только на огромную роль этих последних в современной науке, а также на тот факт, что бурное развитие математических репрезентаторов в XX веке существенно изменило характер или стиль мышления. Речь, разумеется, идет, прежде всего, о физике.

Вот как Ж. Лошак характеризует мышление разных поколений физиков. «Для Луи де Бройля характерно интуитивное мышление посредством простых конкретных и реалистических образов, присущих трехмерному физическому пространству. Для него не имеют онтологической ценности математические модели, в частности геометрические представления в абстрактных пространствах; он рассматривает их и использует лишь как удобные математические инструменты, и совсем не они лежат в основе его физической интуиции. Опираясь такими абстрактными понятиями, он всегда помнит, что в действительности явления протекают в физическом пространстве, а потому математические рассуждения имеют для него значение лишь тогда, когда он в любой момент чувствует их связь с физическими законами в обычном пространстве.

Но на его глазах рождался совершенно новый подход к теоретической физике, который уже начал приносить свои плоды. Он основывался на использовании в физике весьма абстрактных понятий, на описании законов природы не с





помощью пространственно-временных образов, а на основе алгебраических понятий или геометрических построений в абстрактных, чаще всего комплексных пространствах с большим числом измерений. Абстрактный подход помогает развить у теоретиков новый вид физической интуиции, если можно так выразиться, интуиции второго порядка, которая все менее и менее непосредственно опирается на физические факты, а выражается в форме математических аналогий, алгебраических правил и законов симметрии и групп преобразований. Теоретики стали ставить своей целью не описание явлений, а предсказание. Их предпосылки и рассуждения носят чисто математический характер, и становится очень трудным, если не сказать невозможным, обнаружить за ними какие-либо физические образы, хотя формулы, к которым они приходят, зачастую чудесным образом подтверждаются на опыте»<sup>14</sup>.

3. Как уже отмечалось, экзquisite теории строятся на «стыках» разных традиций, разных научных дисциплин, которые в принципе могли бы развиваться и самостоятельно. Квазиэкзquisite теории очень на них похожи, но отличаются одним существенным качеством. Конструктор здесь тоже задан на множестве особых объектов, которые не совпадают с изучаемым материалом, но правила работы в нем не имеют самостоятельного обоснования в какой-либо другой области знания. Чаще всего они заимствуются из сферы оперирования с теми явлениями, которые являются непосредственными объектами нашего исследования, а иногда представляют собой некоторые удобные априорные допущения.

Примером может служить теория электрических явлений Б. Франклина. Приведем ее достаточно компактное изложение, данное проф. Ив. Двигубским в его «Физике» 1814 года издания. «Франклин и его последователи полагают: 1) что во всей вселенной разлита особая чрезвычайно упругая, тонкая жидкая материя, производящая все явления, называемые электрическими; 2) что частицы сей жидкости сами себя отталкивают, а привлекают все другие тела; 3) что все тела имеют в себе известное количество сей материи, зависящее от их сродства с нею, и в сем случае не показывают никакого знака электричества; почему и говорят, что они находятся в своем естественном состоянии; 4) что они бывают

<sup>14</sup> Лошак Ж. Эволюция идей Луи де Бройля относительно интерпретации квантовой механики // Л. де Бройль. Соотношение неопределенностей Гейзенберга и вероятностная интерпретация волновой механики. М., 1986. С. 17.



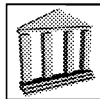
в состоянии *положительном*, когда приобретут более сей материи, и 5) в состоянии *отрицательном*, когда потеряют несколько сей материи собственной; 6) что электрические явления приметными делаются, когда материя сия переходит из одних тел в другие или разделяется»<sup>15</sup>.

Что здесь бросается в глаза? Во-первых, наличие большого числа априорных допущений типа «средства» с электрической материей. Во-вторых, предположение, что частицы электрической жидкости сами себя отталкивают, но привлекают другие тела. Это положение явно заимствовано из опытов с электризованными телами. С одной стороны, Франклин строит свой конструктор для того, чтобы объяснить эти опыты, а с другой, частично переносит в свой конструктор то, что надо объяснить.

В ходе исторического развития квазиэксquisite теории сплошь и рядом превращаются в эксquisite в связи развитием соответствующих областей знания. Например, все теории химического строения до появления квантовой механики были квазиэксquisite, но превратились в эксquisite, когда возникла квантовая химия и теория химической связи. Другой пример. Уже в XVI веке, изучая заразные болезни, Джироламо Фракасторо строит теорию, согласно которой заражение происходит по причине наличия особых «семян», способных порождать себе подобных. Эта теория становится эксquisite в связи с развитием микробиологии.

В истории науки имеет место и переход от инквизитных теорий к квазиэксquisite. Например, как мы уже говорили, в механике первоначально развивались инквизитные теории. Однако, после введения понятия силы и появления соответствующего конструктора, задающего операции над силами, мы получили квазиэксquisite теорию. Многие объекты механики представляют собой созданные человеком технические конструкции. Их исследование предполагает «выявление» действующих сил. Одну конструкцию нам надо заменить другой, с которой мы умеем работать. Я поставил выше слово «выявление» в кавычки, имея в виду следующее: «Очевидно, — пишет Г. Кирхгоф, — что если определенное движение точки происходит под действием нескольких сил, то однозначно определена лишь их равнодействующая; каждую же из сил в отдельности, *кроме одной*, можно взять произвольной... Из этого следует, что после вве-

<sup>15</sup> Цит. по: Лебсдев В. Электричество, магнетизм и электротехника в их историческом развитии. М.-Л., 1937. С. 49.



дения системы сил вместо простых сил механика не в состоянии дать исчерпывающего понятия силы»<sup>16</sup>. Иными словами, и здесь речь идет не о выявлении, не об открытии, а о конструировании или изобретении.

Мы выделили очень простые, элементарные виды теорий, точнее, мы их тоже сконструировали. Если же говорить о реальных теоретических системах современной науки, типа механики, то они достаточно сложны и включают в себя разные типы конструкторов, которые иногда формировались в разное время, а сейчас сосуществуют в современном контексте. Анализ таких сложных систем — очень интересная задача.

\* \* \*

Известный физик Г. Бонди писал, что в каждом способном физике сидит талантливый инженер. Я попытался показать, что это относится не только к физике, но и к науке в целом. Я опирался при этом на факты теоретического мышления, ибо для работы экспериментатора сказанное Бонди достаточно очевидно. Что касается теоретического конструирования, то это явление, хотя оно и не является новым для эпистемологии и философии науки, явно недостаточно исследовано. А оно повсеместно присутствует в познании, при этом далеко не только в рамках теории. Уже простой счет каких-либо предметов предполагает, что мы способны строить, конструировать числа. Любая система координат, как отмечал Г. Вейль, представляет собой конструктор. Это, однако, само по себе не порождает теории. Классификации, как уже упоминалось в начале статьи, — это тоже наши изобретения. Определить специфику каждого из этих случаев — особая задача, которую у нас здесь не было возможности обсуждать.

<sup>16</sup> Кирхгоф Г. Механика. М., 1962. С. 13.