

---

## I. НАУКА И РАЦИОНАЛЬНОСТЬ

*В.С. Степин*

### СИСТЕМНОСТЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ОПЕРАЦИИ ИХ ПОСТРОЕНИЯ

Концепцию системности теоретических моделей я начал разрабатывать еще в конце 60-х - начале 70-х годов. К сожалению, исследования наших философов этого периода в области методологии были мало известны на Западе.

Многие наши поиски резонировали с критикой стандартной концепции и развитием исторического направления в западной философии науки, которое связывало друг с другом методологические и историко-научные исследования\*. Но ассимилируя уже известные проблемы и результаты, мы разрабатывали и собственные подходы. В 70-х годах у нас складывалась традиция анализа науки на основе объединения принципов историзма, системности и социокультурной детерминации познания. В результате интеграции этих принципов постепенно сформировалось представление о научном знании как о сложной, исторически развивающейся системе, погруженной в социокультурную среду.

Я сознательно ориентировался на этот образ при исследовании структуры и динамики теоретического знания. Представление о нем как о сложной, исторически развивающейся системе предполагало выявление его различных подсистем, присущую ему уровневую организацию, прямые и обратные связи между уровнями.

---

\* Обзор критики стандартной концепции см.: [1]. [2].

Важнейшая характеристика исторически развивающихся систем состоит в том, что в ходе их эволюции всегда формируются новые уровни организации элементов. Причем возникновение каждого нового уровня перестраивает всю систему. Он воздействует на ранее сложившиеся уровни, меняет композицию их элементов и их функциональные характеристики, благодаря чему система, усложняя свою организацию, остается органическим целым.

Применение всех этих представлений в методологическом анализе поставило особую задачу - отыскать в гетерогенном массиве научного знания теоретические единицы, обладающие характеристиками сложных исторически развивающихся систем.

В стандартной концепции в качестве единицы методологического анализа рассматривалась отдельно взятая теория. Один из важных результатов критики стандартной концепции состоит в том, что теоретическое объяснение фактов в рамках некоторой теории всегда предполагает явное или неявное обращение к другим теориям. Это был первый шаг к представлениям о функционировании теории как компонента более широкой системы теоретических знаний.

Дальнейшее развитие этих идей привело к выбору новой системной единицы методологического анализа. В дисциплинарно-организованной науке в качестве такой единицы выступает система теоретических знаний научной дисциплины (физики, биологии, математики и т.п.). Такой выбор позволял проследить возникновение и развитие каждой теории во взаимодействии с другими теориями научной дисциплины. Кроме того, он открывал новые возможности анализа междисциплинарных взаимодействий.

Представление о теоретическом знании как о сложной, исторически развивающейся системе по-новому поставило проблему структуры теорий. Их различные типы необходимо было рассматривать как особые подсистемы в целостной системе теоретического знания научной дисциплины. Предстояло выявить их иерархическую организацию и системообразующие основания, которые выступают по отношению к каждой отдельной теории в качестве ее интертеоретической структуры. Само функционирование уже сложившейся теории при объяснении и предсказании фактов выступало как ее взаимодействие не только с опытом, но и с другими теориями.

При исследовании всех этих особенностей структуры и функционирования теорий я использовал, наряду с принципами

историзма и системности, идеи деятельностного подхода. Он требовал рассматривать познание как активную мыслительную деятельность, в основе которой лежит оперирование идеальными объектами. Эти объекты репрезентируют в мышлении объекты исследуемой реальности их свойства и отношения.

Высказывания теоретического языка непосредственно формируются относительно специфических идеальных объектов, которые называют также абстрактными объектами или теоретическими конструктами. Они представляют собой идеализации, образцами которых являются точка, линия, число и т.п. (в математике), материальная точка, инерциальная система отсчета, абсолютно твердое тело и т.п. (в физике), бесконечно большая популяция с равновероятным скрещиванием особей, относительно которой формулируется Закон Харди-Вейсберга, (в биологии), идеальные товары, которые обмениваются в строгом соответствии с законом стоимости (в экономической теории).

Такого рода объекты в теоретических текстах фиксируются посредством системы высказываний (теоретических законов и интерпретаций), характеризующих свойства и отношения соответствующих теоретических идеализаций, а также в форме схем, чертежей и рисунков, наглядно представляющих абстрактные объекты в процессах мысленного эксперимента.

Система абстрактных объектов теоретического языка образует содержательную структуру теории, а их связь с опытом обеспечивает отнесение теоретических высказываний (законов, принципов) к эмпирическим ситуациям.

При таком понимании проблема структуры теоретических знаний некоторой дисциплины трансформируется в проблему организации и функционирования сложной сети абстрактных объектов, репрезентирующих исследуемую реальность. Особенности этой организации обнаруживаются уже при исследовании процедур функционирования теорий при объяснении и предсказании новых фактов.

### **Теоретические модели в структуре теории и в процессе ее развертывания**

В методологической литературе научная теория долгое время рассматривалась как гипотетико-дедуктивная система. Согласно представлениям, которые были развиты в рамках стандартной

концепции, естественнонаучная теория может быть рассмотрена как структурно подобная интерпретированным исчислениям или содержательным аксиоматическим теориям математики. Развертывание теории в процессе объяснения и предсказания новых фактов в этой версии истолковывается как процесс логического вывода из аксиом теоретических следствий, когда из базисных утверждений верхних ярусов теории строго логически выводятся высказывания нижних ярусов вплоть до получения высказываний, сравниваемых с опытными данными [4].

Критика стандартной концепции привела к ослабленной версии гипотетико-дедуктивной модели\*. Эта новая версия учитывала возможности расширения и уточнения исходных положений теории по мере ее развертывания. Функционирование теории истолковывалось как такое выведение следствий из фундаментальных принципов и законов, которое может сопровождаться новыми допущениями, уточнением и расширением первоначальных теоретических предположений.

Ослабленная версия больше соответствует реальной практике научного исследования. Однако, если ограничиться только ее общей формулировкой, то она не раскрывает механизмов функционирования теории и ее развития.

Вопрос состоит не в том, чтобы констатировать сам факт включения в функционирующую теорию новых допущений. Вопрос заключается в том, чтобы выяснить, как и когда такие допущения вводятся, какие мыслительные операции характеризуют этот процесс.

Чтобы решить эту проблему, необходим особый анализ, уточняющий общие представления гипотетико-дедуктивной модели о развертывании теории в процессе ее функционирования, т.е. в процессе объяснения и предсказания новых фактов. Детальный анализ реальных естественнонаучных теорий показывает, что их развертывание не сводится к строго логической дедукции одних высказываний из других. Процедуры логического вывода и движения в математическом формализме занимают важное место в процессе получения теоретических следствий, но ими не исчерпывается этот процесс. В нем особую роль играют операции генетически-конструктивного характера, когда рассуждения осуществляются в форме мысленных экспериментов над абстрактными объектами теории.

---

\* См. подробнее: [5].

Отличие генетически-конструктивного построения от развертывания аксиоматических теорий, основанного на логических действиях над высказываниями (но не над объектами, взятыми "как конкретноналичными"), было зафиксировано в нашей литературе еще в начале 60-х годов [6].

В конце 60-х годов начале 70-х в моих работах были проанализированы под этим углом зрения процедуры развертывания физических теорий [7], [8], [9]. В результате анализа обнаружилось, что функционирование теории связано не только с порождением одних абстрактных объектов из других, но и с наличием особых уровней организации в системе теоретических объектов, переходом от объектов одного уровня к объектам другого уровня. Анализ внутренней структуры каждого из этих уровней, а также их связей, позволил выделить особые подсистемы теоретических конструкторов, играющих базисную роль в процессе развертывания теории. Эти подсистемы конструкторов репрезентируют главные сущностные характеристики отражаемой в теории реальности. Они являются моделями изучаемых в теории объектов и процессов.

Иерархия теоретических моделей образует внутренний каркас теории, а ее развертывание предполагает редукцию моделей верхних ярусов к моделям нижних ярусов. Сама же эта редукция осуществляется как порождение одних моделей на базе других в процессе мысленных экспериментов с теоретическими конструктами и введения в соответствующую модель ряда ограничений и конкретизаций.

Проследим основные особенности этого процесса на простом примере. Допустим, что нам необходимо получить из уравнения, выражающего второй закон Ньютона, в качестве следствия закон малых колебаний. Этот вывод в механике можно получить различными способами. Рассмотрим исторически самый первый, который содержался еще в эйлеровском изложении механики и который часто используется в современных учебниках. Этот способ связан с конкретизацией типа силы в уравнении, которое выражает второй закон Ньютона. Чтобы произвести такую конкретизацию, вначале необходимо эксплицировать физический смысл уравнения. Как и другие законы Ньютона, уравнение, выражающее второй закон, формулируется относительно идеализированной модели, выражающей сущность любого механического процесса. Эта модель вводит представление о перемещении материальной точки по континууму точек инерциальной пространственно-временной системы отсчета и изменении состо-

яния движения материальной точки под действием силы. С позиций этих представлений исследователь рассматривает конкретный вид механического процесса - механическое колебание. Он представляет движение колеблющегося тела как перемещение материальной точки в системе отсчета. Исходя из специфики эмпирически фиксируемых ситуаций колебательного движения, он осуществляет ряд мысленных экспериментов с объектами фундаментальной теоретической модели: отмечает, что при колебательном движении материальная точка периодически возвращается в положение равновесия, конкретизирует вид силы, действующей на эту точку, заменяя абстрактный объект "сила" новым объектом "возвращающая сила". Таким путем он конструирует на основе фундаментальной теоретической модели частную по отношению к ней модель механических колебаний - осциллятор. Затем уравнения движения материальной точки (второй закон Ньютона) применяют к осцилятору и таким путем получают уравнение, выражающее закон колебания (замещают в уравнении  $F = m\ddot{x}$ ,  $F$  на  $-k^2x$ , где  $-k^2x$  соответствует возвращающей силе, и получают выражение  $m\ddot{x} + k^2x = 0$ ).

\* Описанная процедура вывода из основных законов теории их следствий универсальна. Даже в самых развитых и высокоматематизированных теориях физики их развертывание предполагает мысленные эксперименты с теоретическими моделями.

Такие модели не есть нечто внешнее по отношению к теории, поскольку они включены в ее состав и образуют ее внутренний скелет. Их следует отличать от аналоговых моделей, которые служат средством построения теории, ее строительными лесами, но целиком в теорию не входят. Теоретические модели, включенные в состав теории, я предложил называть *теоретическими схемами*. Они действительно являются схемами исследуемых в теории объектов и процессов, выражая их существенные связи.

В составе теории следует различать фундаментальную и частные теоретические схемы. С точки зрения внутреннего строения все они представляют собой небольшой набор теоретических конструктов (абстрактных объектов), находящихся в строго определенных отношениях. В нашем примере с ньютоновской механикой мы имеем три базисных абстрактных объекта, образующих ее фундаментальную теоретическую схему. Это - "материальная точка", "сила", "система отсчета". Они полагаются конструктивно независимыми, то есть ни один из них в рамках

данной формулировки теории не может быть построен из других, но на основе базисных можно строить другие абстрактные объекты теории, в том числе и конструкты частных теоретических схем.

Отношения базисных абстрактных объектов описываются фундаментальными законами теории. Отношения же между абстрактными объектами частных теоретических схем описываются частными теоретическими законами (типа законов механического колебания, вращения тел, движения тела в поле центральных сил и т.д.). Уравнения, которые выступают как математические формулировки законов физики, получают интерпретацию благодаря связи с теоретическими схемами. Величины в уравнениях непосредственно выражают признаки конструктов теоретических схем, а решение уравнений можно рассматривать как особый способ оперирования данными конструктами.

При движении в математическом формализме из комбинаций исходных величин уравнений образуются новые величины. В плане оперирования абстрактными объектами теоретической схемы это означает, что, исходя из базисных признаков объектов, получают их новые признаки. Причем последние могут быть абстрагированы в качестве особых конструктов, образуемых путем отвлечения у базисных объектов их новых признаков. Например, при решении уравнений, выражающих законы Ньютона, выявляются такие свойства материальной точки как наличие у нее кинетической и потенциальной энергии, сохранение энергии и импульса и т.д. Соответствующие признаки (импульс, кинетическая энергия, потенциальная энергия и т.п.) могут быть зафиксированы в качестве относительно самостоятельных абстракций, выражающих существенные характеристики механического движения (при выходе за рамки механики эти абстракции применяются для описания не только механических, но и других физических процессов).

Таким образом решение уравнений в содержательно физическом плане может быть представлено как исследование теоретической схемы и выявление имплицитно содержащейся в ней информации о реальности. Эта информация эксплицируется посредством порождения новых абстракций на основе исходных абстрактных объектов теоретической схемы.

Формирование новых абстракций при оперировании уравнениями происходит как относительно фундаментальной, так и относительно частных теоретических схем. В результате на каждом из уровней иерархии абстрактных объектов теории можно обна-

ружить, с одной стороны, связи основных объектов, образующих теоретические схемы, а с другой - разрастающуюся вокруг каждой теоретической схемы сеть "дочерних" абстракций. Каждая такая сеть является особой подсистемой в развивающейся системе абстрактных объектов научной теории. Каркас же теории, образованный уровневой организацией теоретических схем и порождением все новых частных теоретических схем на основе фундаментальной, связывает эти подсистемы абстракций в единое целое. Если учесть, что переход от фундаментальных уравнений теории к математическим формулировкам частных теоретических законов всегда сопровождается соответствующими преобразованиями теоретических схем, то интерпретация математического аппарата теории обеспечивается всем набором этих схем и их связью с опытом.

Развертывание этого аппарата только отчасти можно уподобить развертыванию исчисления, поскольку лишь отдельные его фрагменты строятся как выведение одних формул из других по правилам математики. Сцепление же этих фрагментов осуществляется за счет мысленных экспериментов с теоретическими схемами, которые время от времени эксплицируются в форме особых модельных представлений и фиксируются либо в виде чертежей, снабженных соответствующими разъяснениями, либо в виде содержательных описаний свойств и связей конструктов, образующих теоретическую схему. Именно за счет мысленных экспериментов с этими конструктами осуществляется конкретизация основных уравнений теории применительно к той или иной специальной физической ситуации и выводятся частные теоретические законы, описывающие данную ситуацию.

Частные теоретические схемы и связанные с ними законы в силу своего относительно самостоятельного статуса могут быть рассмотрены в качестве ядра некоторой специальной теории. Такое рассмотрение оправдано не только тем, что по отношению друг к другу эти схемы независимы (как, например, независимы друг от друга теоретические схемы механических колебаний и вращения тел, хотя и каждая из них может быть сконструирована на основе фундаментальной теоретической схемы механики). Указанные схемы могут существовать и до их включения в развитую фундаментальную теорию, имея свою сферу приложения и свою предметную область.

Ситуации самостоятельного существования частных теоретических схем и законов как ядра специальной научной теории и особенности их перестройки при их включении в состав обобща-



ющей фундаментальной теории были проанализированы мною в начале 70-х годов [7], [8]\*.

Если с этих позиций рассмотреть развитую фундаментальную теорию, то генерируемые в процессе ее развертывания частные теоретические схемы и их последующее приложение к описанию и объяснению конкретных эмпирических ситуаций можно расценивать как порождение фундаментальной теорией специальных теорий (микротеорий). При этом важно различить два типа таких теорий, отличающихся характером лежащих в их основании теоретических схем. Специальные теории первого типа могут целиком входить в обобщающую фундаментальную теорию на правах ее раздела (как, например, включаются в механику модели и законы малых колебаний, вращения твердых тел и т.п.). Специальные теории второго типа лишь частично соотносятся с какой-либо одной фундаментальной теорией. Лежащие в их основании теоретические схемы являются своего рода гибридными образованиями. Они создаются на основе фундаментальных теоретических схем по меньшей мере двух теорий. Примером может служить классическая модель абсолютно черного излучения, построенная на базе представлений термодинамики и электродинамики. Гибридные теоретические схемы могут существовать в качестве самостоятельных теоретических образований наряду с фундаментальными теориями и частными теоретическими схемами, еще не включенными в состав фундаментальной теории.

Вся эта сложная система взаимодействующих друг с другом теорий фундаментального и частного характера образует массив теоретического знания некоторой научной дисциплины.

Каждая из теорий даже специального характера имеет свою структуру, характеризующуюся уровневой иерархией теоретических схем. В этом смысле разделение теоретических схем на фундаментальную и частные относительно. Оно имеет смысл только при фиксации той или иной теории. Например, гармонический осциллятор как модель механических колебаний, будучи частной схемой по отношению к фундаментальной теоретической схеме механики, вместе с тем имеет базисный, фундаментальный статус по отношению к еще более специальным теоретическим моделям, которые конструируются для описания различных конкретных ситуаций механического колебания (таких, например,

\* Эти результаты позднее были систематически изложены в моей книге "Становление научной теории" [9].

как вырожденные колебания маятника, затухающие колебания маятника или тела на пружине и т.д.).

При выводе следствий из базисных уравнений любой теории, как фундаментальной, так и специальной (микротeorии), исследователь осуществляет мысленные эксперименты с теоретическими схемами, используя конкретизирующие допущения и редуцируя фундаментальную схему соответствующей теории к той или иной частной теоретической схеме.

Специфика сложных форм теоретического знания, таких как физическая теория, состоит в том, что операции построения частных теоретических схем на базе конструкторов фундаментальной теоретической схемы не описываются в явном виде в постулатах и определениях теории. Эти операции демонстрируются на конкретных образцах, которые включаются в состав теории в качестве своего рода эталонных ситуаций, показывающих как осуществляется вывод следствий из основных уравнений теории. В механике к эталонным примерам указанного типа можно отнести вывод из законов Ньютона закона малых колебаний, закона движения тела в поле центральных сил, законов вращения твердого тела и т.д., в классической теории электромагнитного поля - вывод из уравнений Максвелла, законов Био-Савара, Кулона, Ампера, законов электромагнитной и электростатической индукции и т.д. Неформальный характер всех этих процедур, необходимость каждый раз обращаться к исследуемому объекту и учитывать его особенности при конструировании частных теоретических схем превращает вывод каждого очередного следствия из основных уравнений теорий в особую теоретическую задачу. Развертывание теории осуществляется в форме решения таких задач. Решение некоторых из них с самого начала предлагается в качестве образцов, в соответствии с которыми должны решаться остальные задачи.

На роль образцов в процессе функционирования теории обращал особое внимание Т.Куна. Он подчеркивал, что образцы являются важнейшей частью парадигмы, обеспечивающей "ординарное исследование" [10]. Вместе с тем структура образцов и операции их применения нуждались в более детальном анализе.

В первой половине 70-х годов идеи Куна относительно функционирования моделей в процессе решения задач получили определенную разработку в рамках так называемого структуралистского подхода к анализу научной теории (Снид, Штегмюллер

[11], [12], [13]). В работах этого направления\* были зафиксированы реальные особенности строения и функционирования физической теории, которые были примерно в этот же период обнаружены и описаны в нашей методологической литературе. Было отмечено, что математический аппарат теории выполняется на множестве соподчиненных друг другу моделей. Установлено, что развертывание теории осуществляется как введение ограничений в модели, что актуализирует некоторое подмножество из множества всех возможных моделей теории, связанных с ее приложениями к реальным физическим ситуациям. Наконец, важным аспектом концепции Снида-Штегмюллера явилось представление о развертывании фундаментальной теории как порождения микротеорий, каждая из которых предстает как некоторый теоретический элемент, порождаемый базисным теоретическим элементом (последний фиксируется как совокупность фундаментальных законов, сформулированных относительно базисной модели, из которых выводятся специальные законы за счет введения в базисный элемент определенных ограничений). Тем самым образцы решения задач были связаны с проблемой редукции базисных теоретических элементов к элементам нижележащих уровней. Однако вопрос о том, какие именно операции характеризуют введение ограничений, в результате которых осуществляется указанная редукция, в рамках структуралистского подхода остался открытым. Не получил своего решения и вопрос о происхождении теоретических моделей, включаемых в состав теории. Мне представляется, что эти ключевые проблемы не случайно остались без ответа в концепциях структуралистского подхода. Он был ориентирован скорее на феноменологическое описание целостности теории и ее взаимодействий с другими теориями и опытом. Детали же теоретической организации, связанные с анализом микроструктуры теоретических моделей и их связей оказались недостаточно прописанными в этих концепциях. Остался также недостаточно проясненным вопрос о системообразующих факторах, обеспечивающих функционирование и развитие всего многообразия теоретических моделей в качестве подсистем в рамках органической целостности научной дисциплины.

Эти функции выполняют основания науки, которые во многом определяют характер взаимодействия различных компонен-

---

\* Аналитический обзор соответствующих работ см. [14].

тов и подсистем сложной развивающейся системы дисциплинарного знания.

### Структура оснований науки

В качестве основных структурных блоков оснований науки выступают: 1) картина исследуемой реальности (дисциплинарная онтология, которую также именуют специальной научной картиной мира), 2) идеалы и нормы познания, 3) философские основания науки. Экспликация этих компонентов и их описание дается в системе принципов науки. Например, принципы - природа состоит из неделимых атомов вещества, атомов электричества, электромагнитных и гравитационных полей как состояний мирового эфира; взаимодействие осуществляется как передача сил от точки к точке с конечной скоростью; все физические процессы развертываются в абсолютном пространстве с течением абсолютного времени - описывают картину физической реальности, которая утвердилась в физике в последней трети XIX века и получила название электродинамической картины мира. Она сменила механическую картину, ранее доминировавшую в науке и, в свою очередь, была коренным образом трансформирована в эпоху научной революции конца XIX - начала XX вв. и последующего формирования квантово-релятивистской физики. В этот период произошло радикальное изменение ранее принятой системы онтологических постулатов физики (отказ от принципов неделимости атома, существования эфира, существования абсолютного пространства и времени и т.д.).

Если картина реальности задает видение предмета исследования, то идеалы и нормы науки (объяснения и описания, доказательности и обоснования, построения знаний и их организации) выражают обобщенную схему метода исследования. Они эксплицируются посредством системы методологических принципов науки. Например, принцип соответствия, принцип относительности к средствам наблюдения, принципы наблюдаемости и симметрии являются экспликацией принятых в современной физике идеалов и нормативов объяснения, описания и обоснования научного знания. В содержании этих принципов выражены нормативные установки, отличающие современную физику от классической. В их системе конкретизировались новые познавательные идеалы, согласно которым четкая фиксация характера

средств и операций деятельности является не препятствием для объективного описания и объяснения природы (как это полагалось в классическом естествознании), а необходимым условием такого описания и объяснения.

Наконец, философские основания науки представлены системой философских принципов, которые обеспечивают эвристику поиска и обоснование его результатов. Эти принципы применяются при обосновании, с одной стороны, постулатов картины реальности, а с другой - конкретных методологических принципов, выражающих идеалы и нормы науки (примерами могут служить: обоснование Фарадеем онтологического постулата о существовании электрического и магнитного полей философскими принципами взаимодействия материи и силы; обоснование Н.Бором нормативов квантовомеханического описания философскими рассуждениями о макроскопическом статусе приборов как выражении места познающего субъекта в окружающем его мире).

Благодаря философскому обоснованию картина реальности и нормы научного познания согласовываются с мировоззренческими ориентациями, доминирующими в культуре определенной исторической эпохи, что обеспечивает включение фундаментальных принципов и представлений науки и вырастающих на их базе специальных научных знаний в культуру данной эпохи. Подчеркнем, что философские основания науки не тождественны всему массиву философского знания. Они селективно заимствуются из этого массива применительно к специфике исследовательских проблем науки на каждом исторически определенном этапе ее развития.

Принципы, выражающие идеалы и нормы исследования, вместе с философскими основаниями науки образуют философско-методологическую компоненту научной дисциплины. Что же касается онтологических постулатов, характеризующих картину реальности, то они включаются в состав научной дисциплины в качестве особого типа предметного теоретического знания.

Эти постулаты формируются относительно особой системы идеальных объектов, которые в своих связях образуют картину реальности как обобщенную модель предмета исследования соответствующей науки. Указанная модель онтологизируется, отождествляется с действительностью - все признаки идеальных объектов, образующих картину реальности, приписываются самой природе, благодаря чему соответствующая картина становится дисциплинарной онтологией. Идеальные объекты, которые

ее образуют, принадлежат к классу теоретических конструктов, таких как "неделимый атом", "абсолютное пространство" и "абсолютное время" в механической и электродинамической картинах мира, таких как "неизменный биологический вид" в картине биологической реальности, предложенной Ж.Кювье и т.п. Ретроспективный исторический анализ всегда обнаруживает, что данные конструкты являются идеализациями, упрощающими и схематизирующими действительность. Но при их онтологизации это обстоятельство отходит на второй план, и исследователь, принявший ту или иную картину реальности, всегда отождествляет ее с самой реальностью. Именно она определяет его видение предмета соответствующей науки, выполняя роль своеобразных концептуальных очков.

Несмотря на упрощающий и схематизирующий характер любой картины реальности ее отождествление с миром может быть правомерно в определенных границах. Пока физика исследовала механические взаимодействия в диапазоне энергий, при которых атом остается стабильным, идеализация неделимого и неразрушимого атома была продуктивной, так же как и идеализация абсолютного пространства и времени была применима в границах, когда исследуются процессы, развертывающиеся со скоростями значительно меньшими скорости света, и когда можно пренебречь изменениями пространственных и временных интервалов при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. Но при выходе за эти границы, сталкиваясь с новым типом объектов и взаимодействий, научное познание вынуждено перестраивать прежнюю картину реальности и создавать новую.

Задавая целостное видение предмета науки в его главных системных признаках, картина реальности выступает основным системообразующим фактором в гетерогенном массиве теорий соответствующей научной дисциплины. Она обеспечивает сцепление и взаимодействие различных фундаментальных и частных теорий, их системную организацию. Это сцепление достигается благодаря отображению теоретических схем, составляющих ядро каждой из таких теорий, на специальную картину мира (дисциплинарную онтологию). Термин "отображение" применяется здесь в достаточно строгом смысле, как установление гомоморфного соответствия между признаками абстрактных объектов теоретической схемы, с одной стороны, и идеальных объектов картины мира - с другой. Соответствие указанных признаков фиксируется в правилах перевода языковых выражений, описывающих

абстрактные объекты теоретических схем и идеальные объекты картины исследуемой реальности. Так в языке теоретической схемы максвелловской электродинамики электромагнитные процессы характеризовались как изменение во времени электрической, магнитной напряженности в точке и плотности тока в точке. Но в языке электродинамической картины мира, принятой в физике конца XIX в., эти же процессы описывались как изменение во времени состояний мирового эфира, заполняющего абсолютное пространство, так что возмущение в эфире, соответствующее электромагнитному полю, распространяется с конечной скоростью от точки к точке. Здесь термины "мировой эфир", "абсолютное пространство и время" и т.д. обозначают идеальные объекты электродинамической картины мира. В формулировках классической электродинамики указанного исторического периода напряженности электрического и магнитного полей определялись как состояния мирового эфира, а плотность тока - как перемещение атомов электричества (электронов) в некоторой области пространства.

На одну и ту же картину реальности может отображаться множество различных теоретических схем (как фундаментальных, так и частных). Благодаря этому осуществляется их объективация, они обретают статус "естественного" выражения сущности исследуемой действительности. В этом аспекте теоретические схемы предстают в качестве конкретизаций и детализаций сущностных характеристик изучаемых объектов, которые в картине реальности были выражены в предельно общей и схематизированной форме.

Разумеется, предварительным условием объективации теоретических схем является их эмпирическое обоснование, которое предполагает установление связей между абстрактными объектами схемы и реальными объектами опыта. Правила такой связи всегда включаются в состав теории (их иногда называют правилами соответствия). Если законы теории формулируются на языке математики в виде уравнений, то правила соответствия обеспечивают эмпирическую интерпретацию уравнений.

Что же касается процедуры отображения теоретических схем на картину исследуемой реальности, то они обеспечивают ту разновидность интерпретации уравнений, которую в логике называют концептуальной (или семантической) и которая обязательна для построения теории.

Таким образом, вне картины реальности теория не может быть построена в завершенной форме. Но сама картина реально-

сти может существовать и независимо от теорий. Она получает эмпирическое обоснование не только косвенным способом, через теоретические схемы, но благодаря своим непосредственным связям с опытом. Эти связи особенно отчетливо обнаруживаются тогда, когда наука начинает изучать объекты, для которых еще не создано теории и которые исследуются эмпирическими методами. В этом случае картина реальности, активно участвуя в постановке задач, интерпретации и объяснении результатов опыта, целенаправляет эксперимент и наблюдения и, в свою очередь, уточняется и развивается под влиянием новых эмпирических фактов.

Картина реальности, фундаментальная и частная научные теории представляют собой основные типологические образцы теоретического знания. Их взаимодействие между собой и с опытом обеспечивает внутренние механизмы развития знаний. В качестве ключевого аспекта такого взаимодействия, характеризующего становление и развитие теории, выступают процедуры построения теоретических схем.

### **Основные операции формирования научной теории**

Методы и операции формирования теоретических схем, как ядра научной теории, исторически изменчивы. В классической науке предпосылкой их становления было предварительное построение и развитие картин исследуемой реальности. В эпоху зарождения естествознания эти картины возникают как философское обобщение накопленных практикой и познанием фактов о некоторой предметной области. В этом обобщении активную роль играют сложившиеся (или складывающиеся) в культуре ценностные ориентации, мировоззренческие установки и идеалы познания (эксплицируемые в философской рефлексии как принципы научной деятельности).

Первоначально зародышевые формы картин исследуемой реальности возникают в виде натурфилософских построений, которые затем адаптируются к опыту. Однако даже в такой форме они могут служить исследовательской программой, обеспечивающей прогресс эмпирического исследования и накопление фактов об изучаемых процессах. Полученные из наблюдения факты могут не только видоизменять сложившиеся представления о природе, но и привести к противоречиям с ними и потребовать



их перестройки. Лишь пройдя длительный этап развития, картина исследуемой реальности очищается от натурфилософских наслоений и превращается в специальную научную картину мира, конструкторы которой (в отличие от натурфилософских схем) вводятся по признакам, имеющим опытное основание.

В истории науки первой осуществила такую эволюцию физика. В конце XVI - начале XVII вв. она перестроила натурфилософскую схему мира, господствовавшую в физике средневековья, и создала научную картину физической реальности - механическую картину мира. В ее становлении решающую роль сыграли новые мировоззренческие идеи и новые идеалы познавательной деятельности, сложившиеся в культуре переломных исторических эпох Ренессанса, Реформации и Просвещения. Осмысленные в философии, они предстали в форме принципов, которые обеспечили новое видение накопленных предшествующим познанием и практикой фактов об исследуемых в физике процессах и позволили создать новую систему представлений об этих процессах. Важнейшую роль в построении механической картины мира сыграли: принцип материального единства мира, исключавший схоластическое разделение на земной и небесный мир, принцип причинности и закономерности природных процессов, принцип экспериментального обоснования знания и установка на соединение экспериментального исследования природы с описанием ее законов на языке математики.

Обеспечив построение механической картины мира, эти принципы превратились в ее философское основание.

После возникновения механической картины мира процесс формирования специальных картин исследуемой реальности протекает уже в новых условиях. Такие картины, возникшие в других областях естествознания, испытывают воздействие физической картины мира и в свою очередь оказывают на нее активное обратное воздействие. В самой же физике построение каждой новой картины мира происходит не путем выдвигания натурфилософских схем с их последующей длительной адаптацией к опыту, а путем преобразования уже сложившихся физических картин мира, конструкторы которых активно используются в последующем теоретическом синтезе (примером может служить перенос представлений об абсолютном пространстве и времени из механической в электродинамическую картину мира конца XIX столетия).

Процесс взаимодействия картины реальности и опыта создает предпосылки для построения первичных теоретических

схем, которые вначале возникают на путях обобщения и идеализации опытных фактов. Картина реальности позволяет рассмотреть разнообразные опытные ситуации с некоторой единой точки зрения, выделяя общие и существенные черты функционирования объекта в различных экспериментах.

Так формируются, например, первые абстрактные объекты механики: идеальный рычаг, идеальная наклонная плоскость, на которой грузы перемещаются без трения, и т.п. Но затем в науке формируется новый способ построения теоретических схем. Абстрактные объекты, созданные путем идеализации опыта, начинают использоваться в функции средств построения новых теоретических моделей. Последние начинают создаваться как бы сверху по отношению к экспериментальным ситуациям - вначале они выдвигаются как гипотетические модели, а затем обосновываются опытом. Этот способ начинает доминировать в науке, прежний же метод сохраняется только в рудиментарной форме, а сфера его действия резко сужается.

В литературе, посвященной анализу научных открытий, было отмечено, что выдвижение оригинальных научных гипотез обычно связано с применением аналогий между уже изученной и новой областью явлений. Классическими примерами здесь могут служить гипотеза планетарной модели атома, использование Максвеллом аналоговых моделей механики сплошных сред при построении теории электромагнитного поля, применение Шредингером аналогии между состояниями механических колебаний, локализованных в некотором объеме пространства, и состоянием движения электрона (аналогия, приведенная к знаменитому уравнению квантовой механики) и т.д.

Отсюда можно сделать важный вывод, что процедуры формирования гипотетических вариантов теоретических схем основаны на применении аналоговых моделей, в функции которых используются уже созданные в науке теоретические схемы, характеризующие некоторую область взаимодействий и переносимые на новую область. Если этот процесс описывать в аспекте психологии творчества, то он может быть рассмотрен в качестве интуиции, основанной на "гештальт-переключении". Здесь аналоговая модель задает образ структуры, "гештальт", сквозь призму которой рассматриваются новые ситуации. Так, при постро-

\* Отметим, что именно в этом аспекте анализирует процесс формирования Т.Кун, характеризуя процесс выдвижения нестандартных гипотез. См.: [10], [15].

ении планетарной модели атома в функции аналогового образа выступала теоретическая схема движения материальных точек в поле центральных сил, которая была заимствована из небесной механики и затем применена для характеристики взаимодействия зарядов, образующих атом. Гипотетическая модель строения атома была сконструирована за счет замещения в этой схеме материальных точек отрицательными и положительными зарядами (вращение электронов вокруг положительно заряженного ядра). В терминах интуиции этот процесс предстает как подстановка в исходное гештальт-представление новых элементов (идеальных объектов), где гештальт выступает своего рода "литейной формой, по которой отливается модель" [16], [17]. В языке логико-методологического анализа этот процесс можно охарактеризовать как погружение абстрактных объектов, заимствованных из одной области знаний (в рассматриваемом случае из электродинамики), в новую "сетку связей" (структуру), представленную аналоговой моделью, которая заимствована из другой области - небесной механики. Здесь мы сталкиваемся с взаимодействием различных компонентов сложно организованной системы теоретических знаний научной дисциплины.

Возникает вопрос: что же ориентирует исследователя в выборе и синтезе основных компонентов создаваемой гипотезы? Такой выбор представляет собой творческий акт, но он не может быть сведен только к методу проб и ошибок, хотя апробирование различных вариантов, бесспорно, имеет место в процедурах поиска. Вместе с тем этот поиск целенаправлен определенным видением взаимосвязей между различными предметными областями теоретического знания. Такое видение задает принятая исследователем картина реальности, которая во многом определяет взаимоотношение теорий в рамках определенной области науки. Вводимые в этой картине представления о структуре природных взаимодействий позволяют обнаружить общие черты у различных предметных областей, изучаемых наукой. Тем самым картина мира "подсказывает", откуда можно заимствовать абстрактные объекты и структуру, соединение которых приводит к построению гипотетической модели новой области взаимодействий.

На примере становления планетарных моделей атома эта целенаправляющая функция картины мира при выдвижении гипотез может быть прослежена достаточно отчетливо. Как известно, гипотезы строения атома, предполагавшие существование атомного ядра, были выдвинуты задолго до экспериментов Резер-

форда с  $\alpha$  - частицами (модель Нагаока, 1904), и в этом случае ясно прослеживается логика формирования гипотетических вариантов теоретической схемы, которая вначале создается как бы "сверху" по отношению к опыту. Эскизно эта логика применительно к ситуации с моделями строения атома может быть представлена следующим образом.

Первым импульсом к выдвижению гипотетических моделей строения атома послужили изменения в физической картине мира, которые произошли благодаря открытию электронов. В электродинамическую картину мира был введен наряду с эфиром и атомами вещества новый элемент - "атом электричества". В свою очередь это поставило вопрос о его соотношении с "атомами вещества". Философский анализ ситуации позволил выдвинуть гипотезу о сведении атомов вещества к "атомам электричества". Подкрепляемая новыми экспериментальными и теоретическими открытиями, в частности открытием радиоактивности, эта гипотеза постепенно превратилась в принцип, согласно которому эфир и "атомы электричества" являются основными формами материи, взаимодействие которых позволяет объяснить любые объекты и процессы природы. В итоге возникла задача - построить "атом вещества" из положительно и отрицательно заряженных "атомов электричества", взаимодействующих через "эфир". Постановка такой задачи подсказывала выбор исходных абстракций для построения гипотетических моделей атома - это должны быть абстрактные объекты электродинамики. Что же касается структуры, в которую были погружены эти абстрактные объекты, то ее выбор в какой-то мере также был обоснован картиной мира. В этот период (конец XIX начало XX вв.) эфир рассматривался как единая основа сил тяготения и электромагнитных сил, что делало естественной аналогию между взаимодействием тяготеющих масс и взаимодействием зарядов.

Целенаправляющая функция картины исследуемой реальности на первом этапе формирования ядра конкретной научной теории прослеживается на примере различных ситуаций физического поиска. Выбор Максвеллом аналоговых моделей механики сплошных сред был во многом обусловлен фарадеевской картиной физической реальности, которая рассматривала явления электричества и магнетизма как передачу сил от точки к точке в соответствии с принципом близкодействия. Отсюда выдвигалась задача описать электрические и магнитные процессы в терминах полевых представлений и возникла ориентация на математические структуры механики сплошных сред как средство математи-

ческого описания явлений электромагнетизма. Показательно, что альтернативное максвелловскому направление исследований, связанное с именами Ампера и Вебера, исходило из иной картины физической реальности (ньютоновской версии механической картины мира) при поиске обобщающей теории электромагнетизма. В соответствии с этой картиной использовались иные средства построения теории, аналоговые модели и математические структуры заимствовались из механики материальных точек.

Можно показать далее, что аналогии с колебательными процессами, приведшие к знаменитому уравнению Шредингера, были "подсказаны" представлением о двойственной корпускулярно-волновой природе микрообъектов, которое вошло в физическую картину мира благодаря работам А.Эйнштейна и Л. де Бройля.

Таким образом, уже первый этап формирования теоретической схемы обнаруживает, что возникновение новых теорий не может быть понято, если их рассматривать изолировано от развития всей системы теоретических знаний соответствующей науки.

Отдельные элементы ранее созданных теорий (теоретические конструкты, модели и структуры) применяются в качестве средств для построения новых теорий. В западной философии науки это обстоятельство было наиболее четко зафиксировано в концепции М.Хессе (сетевая модель теории) [3] и отчасти в концепциях Снида и Штегмюллера [11], [13]. Вместе с тем представления о динамике науки, которые разрабатывались в те же годы в отечественной методологии, позволили более детально проанализировать механизмы трансляции и применения теоретических средств при выдвижении гипотез.

Я хотел бы обратить внимание на следующие важные аспекты описанных процедур аналогового моделирования. Речь идет о следствиях, вытекающих из понимания того факта, что эти процедуры предполагают погружение абстрактных объектов в новые отношения. Элементы, включаемые в новую структуру, всегда приобретают новые признаки. Это значит, что при соединении структуры, представленной аналоговой моделью, с абстрактными объектами, заимствованными из другой области знаний, эти объекты переопределяются. Они обретают новые признаки, что эквивалентно образованию новых абстракций и переопределению понятий.

Тем самым формируется новое теоретическое содержание на этапе выдвижения гипотезы, причем оно возникает не путем ин-

дуктивного обобщения опыта, а как бы сверху по отношению к опыту, за счет движения в теоретических средствах и порождения новых абстракций путем трансформации ранее созданных.

Логико-методологическое осмысление особенностей формирования гипотетических вариантов теоретической схемы создает предпосылки и для более глубокого понимания процедур обоснования гипотезы. Обычно они рассматриваются только как вывод эмпирических следствий из закона, сформулированного относительно гипотетической модели, и проверка этих следствий опытом. Однако к этому нельзя свести все сложные операции эмпирического обоснования гипотез. Дело в том, что математические формулировки закона получают интерпретацию благодаря постановке в аналоговую модель новых объектов. Без этого уравнения не будут иметь нового физического смысла и их нельзя применять в новой области. Но сама интерпретация должна быть непротиворечивой и обеспечивать связь величин уравнений с опытом. На этапе же построения гипотетической модели соблюдение этих требований не гарантировано, поскольку абстрактные объекты в новой сетке отношений приобрели новые признаки. Предположив, что созданная таким путем гипотетическая модель выражает существенные черты новой предметной области, исследователь тем самым допускает, во-первых, что новые гипотетические признаки абстрактных объектов имеют основание именно в той области эмпирически фиксируемых явлений, на объяснение которых модель претендует, и, во-вторых, что эти новые признаки совместимы с другими определяющими признаками абстрактных объектов, которые были обоснованы предшествующим развитием познания и практики. Понятно, что правомерность таких допущений следует доказывать специально. Это доказательство предполагает осуществление двух основных операций: проверку непротиворечивости гипотетической модели и обоснование составляющих ее абстрактных объектов в качестве идеализаций, опирающихся на новый опыт. Признаки абстрактных объектов гипотетически введенные "сверху" по отношению к экспериментам новой предметной области взаимодействий, теперь восстанавливаются "снизу". Их получают в рамках мысленных экспериментов, соответствующих типовым особенностям тех реальных экспериментальных ситуаций, которые призвана объяснить теоретическая модель. После этого вновь проверяют согласуются ли новые свойства абстрактных объектов с теми, которые оправданы предшествующим опытом.

Весь этот комплекс операций обеспечивает обоснование признаков абстрактных объектов гипотетической модели и превращение ее в теоретическую схему новой области взаимодействий. Будем называть эти операции конструктивным введением объектов в теорию.

Теоретическую схему, удовлетворяющую описанным процедурам, будем называть конструктивно обоснованной\*.

Конструктивное обоснование обеспечивает привязку теоретических схем к опыту, а значит, и связь с опытом физических величин математического аппарата теории. Именно благодаря процедурам конструктивного обоснования в теории появляются правила соответствия. Эти правила могут быть рассмотрены как своеобразная свертка процедур конструктивного обоснования теоретических схем. Они имеют иерархическую внутреннюю структуру, включая: 1) описание идеализированных экспериментов, в ходе которых можно получить признаки соответствующего абстрактного объекта теоретической схемы и 2) указание на реальные ситуации опыта, идеализацией и схематизацией которых является соответствующий мысленный эксперимент.

В понятийной структуре теории правила соответствия фиксируются посредством особого типа определений (в физической теории - это операциональные определения, которые выступают как описание правил соответствия).

Процедура конструктивного обоснования обеспечивает появление и постоянную корректировку обозначенных определений, которые являются одним из существенных аспектов научных понятий.

Важность процедур конструктивного обоснования можно проследить на примере с планетарной моделью атома. После опытов Резерфорда с  $\alpha$  - частицами гипотетический конструкт - "атомное ядро" - был введен в качестве идеализации, опирающейся на реальные эксперименты (ядро было определено по признаку "быть положительно заряженным центром кулоновских сил, рассеивающим тяжелые частицы"). Что же касается гипотетического признака электронов - "стабильно двигаться по орбитам вокруг ядра", то он не имел коррелята ни в одном из экспе-

---

\* Процедуры конструктивного обоснования были обнаружены и описаны в нашей методологической литературе в начале 70-х годов [18], [8]. Сам термин "конструктивное введение объекта в теорию" был предложен как характеристика процедур построения физической теории по аналогии с идеями конструктивной математики, где объект полагается корректно введенным, если дан алгоритм его построения.

риментов в атомной области и вместе с тем противоречил другому фундаментальному признаку электрона - "излучать при ускоренном движении". Неконструктивный признак, введенный в процессе формирования гипотезы, приводил к парадоксам в системе теоретического знания об атоме (парадокс нестабильного атома). Показательно, что стремление локализовать, а затем и элиминировать неконструктивный элемент - "электронную орбиту", сохранив все другие признаки объектов Резерфордовской модели, было одним из импульсов, целенаправляющим перестройку модели Резерфорда в квантовомеханическую модель атома.

Конструктивное обоснование гипотезы приводит к постепенной перестройке первоначальных вариантов теоретической схемы до тех пор, пока она не будет адаптирована к соответствующему эмпирическому материалу. Перестроенная и обоснованная опытом теоретическая схема затем вновь сопоставляется с картиной мира, что приводит к уточнению и развитию последней (например, после обоснования Резерфордом представлений о ядерном строении атома такие представления вошли в физическую картину мира, породив новый круг исследовательских задач - строение ядра, особенности "материи ядра" и т.д.).

Таким образом, генерация нового теоретического знания осуществляется в результате познавательного цикла, который предполагает движение от обоснованных опытом картин исследуемой реальности к гипотетическим моделям, их адаптацию и их возможную трансформацию в этом процессе к эмпирическому материалу, а затем новое сопоставление уже обоснованных опытом моделей с картиной реальности. Развитие научных понятий и представлений осуществляется благодаря многократному повторению описанного цикла.

Этот цикл выступает общей содержательной структурой поисковой деятельности как на этапе классического, так и на этапе современного естествознания. Но вместе с тем он имеет специфические для каждого этапа черты.

В классической физике указанный цикл начинался с построения целостной и проверенной опытом картины реальности, как "единственно правильной онтологии". В современной физике

---

\* Это, конечно, не исключало существования других исследовательских программ, ориентированных на иные онтологические постулаты (пример тому конкуренция программы Ампера-Вебера и программы Фарадея-Максвелла).



ситуация меняется, поскольку картина реальности может на первых порах выступать в явно незаконченной форме, а ее достройка осуществляется на заключительной стадии формирования теории под влиянием уже получивших конструктивное обоснование теоретических схем. Существуют особенности и в самом формировании этих схем. Широкое применение метода математической гипотезы приводит к тому, что в отличие от классических образцов современная физика начинает построение теории с формирования математического аппарата, а адекватная теоретическая схема, обеспечивающая его интерпретацию, создается уже после построения этого аппарата.

Создавая новый аппарат путем перестройки некоторых уже известных уравнений, исследователь по-новому связывает физические величины, входившие в такие уравнения, что соответствует переносу абстрактных объектов из уже сложившихся областей знания, погружению этих объектов в новые отношения, наделению их новыми признаками. Таким путем вместе с математическим аппаратом вводится гипотетическая модель, которая может содержать неконструктивные элементы, что, в свою очередь, будет приводить к рассогласованию уравнений с опытом. Примером тому могут служить парадоксы, обнаруженные в квантовой электродинамике после того, как был построен ее аппарат, описывающий взаимодействие квантованных полей в первом приближении теории возмущений; аппарат строился так, что в качестве наблюдаемых были приняты поля в точке; но, как показали Л.Ландау и Р.Пайерлс, поля в точке принципиально неизмеримы, а значит, не могут быть наблюдаемыми.

В этих условиях процедуры конструктивного обоснования выделяются в особую исследовательскую деятельность, обеспечивающую интерпретацию уравнений. Они обеспечивают наличие рецептуры связей уравнений с опытом.

Отметим, что в концепции Куна, в работах Снуда и Штегмюллера, да и в целом в западной методологии науки процедуры конструктивного обоснования до сих пор еще не выявлены даже в самом первом приближении. Неудивительно, что при обсуждении проблемы формирования теории Т.Кун и его последователи акцентируют внимание только на одной стороне вопроса - роли аналогий как основы решения теоретических задач. Операции же формирования и обоснования возникающих в этом процессе теоретических схем выпадают из сферы их анализа.

Весьма показательно, что в рамках этого подхода возникают принципиальные трудности при попытках выяснить, какова роль

правил соответствия и их происхождение. Т.Кун, например, полагает, что в деятельности научного сообщества эти правила не играют столь важной роли, которую им традиционно приписывают методологи. Он специально подчеркивает, что главным в решении задач является поиск аналогий между различными физическими ситуациями и применение на этой основе уже найденных формул. Что же касается правил соответствия, то они, по мнению Куна, являются результатом последующей методологической ретроспекции, когда методолог пытается уточнить критерии, которыми пользуется научное сообщество, применяя те или иные аналогии [15]. В общем-то Кун последователен в своей позиции, поскольку вопрос о процедурах конструктивного обоснования теоретических моделей не возникает в рамках его концепции. Чтобы обнаружить эту процедуру, требуется особый подход к исследованию структуры и динамики научного знания. Необходимо объединить системное рассмотрение теоретических знаний с принципами деятельностного подхода. Применительно к конкретному исследованию природы и генезиса теоретических моделей эти принципы ориентируют на особое видение: теоретические модели рассматриваются одновременно и как онтологическая схема, отражающая сущностные характеристики исследуемой реальности, и как своеобразная "свертка" предметно-практических процедур, в рамках которых принципиально могут быть выявлены указанные характеристики. Именно это видение позволяет обнаружить и описать операции конструктивного обоснования теоретических схем.

При других же теоретико-познавательных установках указанные операции ускользают из поля зрения методолога.

В классической физике операции конструктивного обоснования осуществлялись интуитивно и чаще всего не осознавались исследователем. В современной физике, когда произошло выделение интерпретации в особый тип операций построения теории, возникла потребность в осознании этих операций, что создало объективные предпосылки для их осмысления и описания в методологическом анализе. Ряд существенных аспектов процедур конструктивного обоснования был осознан классиками современного естествознания и получил свое выражение в рациональных моментах принципа наблюдаемости. Принцип наблюдаемости требует своего дальнейшего уточнения и конкретизации, которая, на наш взгляд, и приводит к формулировке идей конструктивного обоснования теории.

С позиций этих идей можно выявить и осмыслить ряд важных аспектов построения научных теорий. Так уже на этапе перехода от классической к современной физике процедуры конструктивного обоснования теоретических схем начинают постепенно выступать в роли важнейшего регулятора научного поиска. Например, в процессе создания классической теории электромагнитного поля следы осуществления этих процедур можно обнаружить в текстах, фиксирующих результаты максвелловского творчества. Поэтапно обобщая на основе применения аналоговых моделей имеющиеся формулировки законов электричества и магнетизма, Максвелл эксплицировал возникающие в этом процессе теоретические схемы, а затем устанавливал их непротиворечивость и их связи с опытом.

Отметим, что когда Г.Кун описывал историю классической электродинамики, то он в соответствии с принятой им позицией свел процесс максвелловского поиска в основном к операциям аналогового моделирования, подчеркивая, что конструирование правил соответствия не играло сколь-нибудь существенной роли в создании теории электромагнитного поля [15].

Но этот вывод весьма далек от реальных фактов истории науки. Дело в том, что в процессе построения своей теории, Максвелл на одном из этапов получил уравнения поля, весьма близкие к современной математической схеме описания электромагнитных явлений. Однако он не смог на этом этапе поставить в соответствие некоторым фундаментальным величинам, фигурирующим в уравнениях, реальные отношения предметов эмпирических ситуаций (введенная вместе с этими уравнениями теоретическая схема не находила конструктивного обоснования). И тогда Максвелл вынужден был оставить этот в общем-то перспективный аппарат, начав заново процесс теоретического синтеза. Поиск математических структур, описывающих электромагнитные взаимодействия, у него постоянно подкреплялся конструктивным обоснованием вводимых теоретических схем [9].

Еще более отчетливо прослеживается важнейшая роль рассматриваемых процедур в построении квантово-релятивистской физики. Хорошо известно, что введенное Э.Шредингером уравнение движения микрочастиц потребовало длительных поисков интерпретации  $\Psi$ -функции как характеристики состояния микрообъекта. Переопределение смысла волновой функции при трансляции соответствующего теоретического конструкта из классической теории колебаний в область описания поведения квантовых систем выявилось, когда М.Борн нашел эмпиричес-

кую интерпретацию  $\Psi$ -функции. Эта интерпретация была получена в системе мысленных экспериментов (рассеяние частиц на атоме), моделирующих особенности реальных экспериментов в атомной области, и может быть рассмотрена как конструктивное введение абстрактного объекта (вектора-состояния) в фундаментальную теоретическую схему квантовой механики. Процедура конструктивного обоснования сыграла ключевую роль и в открытии соотношения неопределенностей. Полученное как следствие из математического аппарата квантовой механики, оно затем вторично было выведено В.Гейзенбергом из мысленных экспериментов, моделирующих реальные опыты по рассеянию частиц. После этого новый смысл "координаты" и "импульса" как характеристик микрообъекта получил обоснование в качестве идеализаций, опирающихся на реальную экспериментально-измерительную деятельность, посредством которой выявляются свойства микрообъектов.

Наконец, отметим уже сознательно примененный Н.Бором прием "двойного выведения" (из математического аппарата теории и из мысленных экспериментов) характеристик основных величин, в терминах которых описывалось квантованное электромагнитное поле. Парадоксы, которые обнаружили Л.Ландау и Р.Пайерлс (принципиальная ненаблюдаемость квантованных полей в точке), были разрешены Н.Бором и Л.Розенфельдом, путем исключения неконструктивных объектов из предварительно введенной теоретической схемы квантовой электродинамики. Бор и Розенфельд заменили в этой схеме поля в точке полями, усредненными по конечной пространственно-временной области. После этого они показали, что такое изменение интерпретации сохраняет построенный формализм, а затем конструктивно обосновали новую гипотетическую модель. Признаки усредненных полей были введены на основе идеализированных измерений, опирающихся на реальные особенности квантовых экспериментов в релятивистской области. Благодаря этим процедурам была построена адекватная интерпретация математического аппарата квантовой электродинамики, что, в свою очередь, подготовило почву для дальнейшего развития теории (развитие квантовой электродинамики в 60-х годах нашего столетия, связанное с методом перенормировок)\*.

Обобщая вышеизложенное, можно представить идею конструктивности в качестве методологического правила, которое

\* См. подробнее: [9].

указывает пути построения ядра научной теории. Это правило может быть сформулировано следующим образом: после того, как введена гипотетическая модель объяснения эмпирических фактов нужно новые, гипотетические признаки абстрактных объектов модели ввести в качестве идеализаций, опирающихся на новый слой экспериментов и измерений, слой, для объяснения которого создавалась модель. Кроме этого, необходимо проверить не противоречат ли новые признаки тем признакам абстрактных объектов, которые были обоснованы предшествующим опытом.

Данное правило не следует смешивать с требованием проверять теоретические знания опытом. Как показывает анализ исторического материала, проверка такого типа предполагает (особенно в современных условиях) сложную деятельность, связанную с построением адекватной интерпретации вводимых уравнений. Стержнем этой интерпретации является конструктивное введение абстрактных объектов. Поэтому правило конструктивности не просто констатирует необходимость эмпирического обоснования теории, а указывает как, каким образом осуществляется такое обоснование.

Из требования конструктивного введения абстрактных объектов можно получить довольно нетривиальные методологические следствия. Поскольку наличие неконструктивных объектов может привести к парадоксам в теоретической системе, постольку применение правила конструктивности позволяет обнаруживать противоречия внутри знания до того, как они выявляются стихийным ходом самого исследования. Нахождение такого критерия особенно важно по отношению к современному знанию, которое весьма сложно по своей системной организации и не всегда легко поддается анализу на непротиворечивость.

Обнаружение неконструктивных элементов в теоретической модели указывает на слабые точки теории, которые рано или поздно необходимо исключить за счет замены соответствующих элементов теоретической модели и ее конструктивной перестройки.

Адаптируясь к опыту в процессе конструктивного обоснования, теоретическая схема может существенно видоизменяться по сравнению со своим первоначальным гипотетическим вариантом. Элиминация неконструктивных элементов обычно вносит в нее новое содержание.

Объективация этого содержания достигается путем отображения теоретической схемы на картину исследуемой реальности (специальную научную картину мира), что вносит соответству-

ющие коррективы в саму эту картину. В принципе здесь возможны две ситуации:

1) когда теоретическая схема согласуется с представлениями о реальности, введенными в картину мира, уточняя, конкретизируя и развивая эти представления;

2) когда возникает рассогласование между конструктивно обоснованной теоретической схемой и картиной мира.

Во втором случае в системе научного знания возникают парадоксы. Они являются своеобразным сигналом того, что познание столкнулось с принципиально новым типом объектов, существенные характеристики которых не учтены в картине исследуемой реальности.

Типичными примерами таких ситуаций являются парадоксы в физике, возникшие при решении Планком задачи излучения абсолютно черного тела, парадоксы электродинамики движущихся тел (противоречие между следствиями из преобразований Лоренца и представлениями физической картины мира об абсолютном пространстве и времени), парадоксы Дженкинса в последарвиновской биологии, связанные с проблемой наследственных признаков и т.п.

Во всех этих случаях задача, решаемая посредством формирования теоретической модели, перерастала в проблему, решение которой уже требовало трансформации оснований науки.

Процессы изменения оснований характеризуются сложным взаимодействием внутринаучных и социокультурных факторов. Выработка новых представлений о реальности, а также новых идеалов и норм исследования предполагает активную роль философских идей и принципов, которые на этом этапе не только стимулируют критический анализ прежних оснований науки, но и помогают выработать эвристические подходы, обеспечивающие формирование новых оснований. Вместе с тем на этот процесс оказывают воздействие образы, ценности и мировоззренческие идеи, вырабатываемые в различных сферах культуры соответствующей исторической эпохи. Разумеется, конкретный анализ такого взаимодействия науки и других сфер культурного творчества является уже темой для особого обсуждения.

Утверждение новых оснований науки может занять достаточно длительный период, когда старые и новые основания существуют и конкурируют между собой. Этот процесс был опи-

\* В рамках этой статьи я не имею возможности детально обсуждать эту тему. Свою точку зрения я высказал в работах: [20], [21].

сан Т.Куном как конкуренция парадигм [10], а И. Лакатосом как соперничество исследовательских программ [19]. Однако между старой и новой парадигмами нет абсолютной несоизмеримости. Более того, между различными компонентами старых и новых оснований существует преемственность. Так смена механической на электродинамическую картину мира сопровождалась не только выдвиганием новых онтологических представлений (идеи близкодействия и существования силовых полей), но и сохранением представлений о лапласовской причинности, атомистическом строении вещества, об абсолютном пространстве и времени. Поэтому конкурирующие исследовательские программы имели не только различные, но и пересекающиеся поля задач, обмениваясь полученными теоретическими результатами.

Основания науки, выступая в качестве исследовательской программы, должны одновременно выполнять и системообразующие функции. Поэтому замена старых оснований новыми определяется не только их возможностями обеспечивать формирование новых теорий и фактов, но и их способностью к систематизации всей совокупности ранее накопленных знаний.

Характерно, что когда в науке изменяется картина исследуемой реальности, то возникает стремление переформулировать уже сложившиеся теории так, чтобы они получили новую онтологическую проекцию. Показательным примером здесь может служить переформулировка Г.Герцем механики под влиянием представлений электродинамической картины мира.

Кроме того, отнесение как новых, так и ранее сложившихся теорий к новой дисциплинарной онтологии всегда сопровождается выявлением границ их предметных областей и возможностей перехода от одной к другой (как, например, устанавливались соотношения по принципу соответствия между классической, релятивистской и квантовой механиками).

Таким образом, теоретические знания развиваются как сложная органическая система, где появление новых теорий (подсистем) воздействует на породившие их основания по принципу обратной связи, вызывает в конечном итоге их трансформацию и последующее изменение всей системы теорий научной дисциплины.

### Литература

1. *Suppe F. The Research for Philosophic Understanding of Scientific Theories // The Structure of Scientific Theories. Urbana, 1977.*

2. Садовский В.Н. Философия науки в поисках новых путей // Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981.
3. Hesse M. The Structure of Scientific Inference, London, 1974.
4. Braithwaite R. Scientific Explanation. A Study of the Function of Theory, Probability and Law in Science. N.Y. 1960.
5. Меркулов И.П. Гипотетико-дедуктивная модель и развитие научного знания. М., 1980.
6. Смирнов В.А. Гелетический метод построения научной теории // Философские вопросы формальной логики. М., 1962.
7. Степин В.С. К проблеме структуры и генезиса научной теории // Философия, методология, наука. М., 1972.
8. Степин В.С. Генезис теоретических моделей науки // Философские науки, 1971.
9. Степин В.С. Становление научной теории. Минск, 1976.
10. Кун Г. Структура научных революций. М., 1977.
11. Sneed J. Theoretization and Invariance Principles // The Logic and Epistemology of Scientific Change. Amsterdam, 1979.
12. Stegmüller W. Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie. Bd.2.Theorie und Erfahrung. В., 1973.
13. Stegmüller W. A Combined Approach to the Dynamics of Theories // Theory and Decision. Vol. 9, 1978. № 1.
14. Порус В.Н. Концепции научных теорий Дж. Снуда и В.Штегмюллера // Философские науки, 1983, № 3.
15. Kuhn T. Second Thoughts on Paradigms // The Structure of Scientific Theories. Urbana, 1974.
16. Кармин А.С., Хайкин Е.П. Творческая интуиция в науке. М., 1971.
17. Бранский В.П. Философские основания синтеза релятивистских и квантовых принципов. Ленинград, 1973.
18. Степин В.С., Тамильчик Л.М. Практическая природа познания и методологические проблемы современной физики. Минск, 1970.
19. Lakatos I. Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes // Criticism and the Growth of Knowledge. Cambr., 1970.
20. Научные революции в динамике культуры. Минск, 1987.
21. Степин В.С. Философская антропология и философия науки. М., 1992.