

ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И НАУЧНАЯ ФИЛОСОФИЯ

В.С.Степин

Парадигмальные образцы решения теоретических задач и их генезис

I. Анализ содержательной структуры теории в отечественной методологии науки

Проблемы методологии научного познания стали особенно интенсивно разрабатываться в нашей литературе в начале 60-х годов. Они занимали важное место и в творчестве В.А.Смирнова. Ряд его идей, высказанных в этот период, оказал значительное влияние на формирование и развитие методологических школ в нашей стране. Я остановлюсь только на некоторых аспектах моих исследований содержательной структуры теории, которые были связаны со становлением минской методологической школы и были во многом стимулированы работами В.А.Смирнова.

В 60-х годах в наших исследованиях по философии науки происходил поворот от доминирования онтологической проблематики философии естествознания (анализ категорий пространства и времени, причинности и т.п.) к проблематике методологического анализа. Центральное место заняли исследования структуры научного знания, механизмов его роста и исторической эволюции.

Одной из трудностей, которые возникали на этом пути, была проблема объектов эмпирического и теоретического языка науки. Большинству из нас приходилось критически переосмысливать постулаты тривиально-реалистической теории отражения, которая в те годы доминировала в качестве упрощенно-схематизированной версии марксистской гносеологии. С позиций этой версии понятия и представления трактовались как образы объективного мира, своеобразные идеальные дубликаты его фрагментов и существенных связей.

Я вспоминаю, сколько проблем вызывала известная формула «выбор языка определяет выбор объекта». Наши критики буржуазной философии интерпретировали ее как отказ от материализма и выражение субъективизма. И для меня, да по-видимому и для многих, была по тем временам неожиданной и весьма эвристичной статья В.А.Смирнова в сборнике «Марксизм и позитивизм» (1961), в которой разъяснялось, что сама по себе эта формула не содержит никакого субъективизма, и вполне справедлива применительно, например, к формализованным языкам, которые могут получать интерпретацию в тех или иных системах идеальных (абстрактных) объектов. Проблема же связи языка и внеязыковой реальности решается в зависимости от того, как трактуется отношение к ней идеальных объектов.

Ответ на этот вопрос может быть разным в зависимости от принятых философских установок: идеальные объекты языка могут отождествляться с внеязыковой реальностью (платонизм), могут полагаться только схематизацией чувственного опыта, который рассматривается как последняя реальность (субъективный идеализм) и наконец, могут рассматриваться как упрощающие действительность, ее относительно правильные ее образы.

Следующий важный шаг, сделанный В.А.Смирновым, состоял в продуктивной попытке эксплицировать признаки, различающие идеальные объекты теоретического и эмпирического языка. В его статье «Уровни знания и этапы процесса познания» в книге «Проблемы логики научного познания» М., 1964 г., эмпирические объекты рассматривались как абстракции, которые по определенным признакам можно отождествить с реальными объектами опыта, а теоретические объекты как идеализации, логические реконструкции действительности, которые наделены признаками, не существующими ни у одного реального объекта.

Эти идеи и послужили своеобразной стартовой площадкой для моих исследований середины 60-х начала 70-х годов и для последующих работ минской методологической школы.

Анализ языка науки был осуществлен под углом зрения и типологии высказываний и соответствующих им идеальных объектов. Общая структура научного знания, определяемая различием и взаимосвязью его теоретического и эмпирического уровней, была значительно детализирована. Были обнаруже-

ны особые подсистемы теоретических и эмпирических идеальных объектов, образующие внутреннюю структуру эмпирического и теоретического уровней. Оказалось, что система теоретического знания научной дисциплины включает ряд относительно автономных подсистем теоретических конструктов, которые в своих связях и отношениях выступают в качестве моделей исследуемой предметной области. Эти модели, которые я предложил назвать теоретическими схемами, включаются в состав теории, в отличие от аналоговых моделей, которые служат только своеобразными строительными лесами при становлении теории. Кроме теоретических схем, образующих ядро теории, среди конструктов теоретического языка была выделена особая подсистема, которая образует научную картину мира. Проекция на нее теоретических схем придает им онтологический статус и обеспечивает семантическую интерпретацию математических формулировок теоретических законов (уравнений теории). Связь же теоретических схем с опытом определяет эмпирическую интерпретацию уравнений.

Например, уравнение Максвелла (классические законы электромагнитного поля) выполняются в системе теоретических конструктов «электрическая напряженность в точке» (E), «магнитная напряженность в точке» (H), «плотность тока в точке» (J), «пространственно-временная система отсчета». Связи и отношения этих конструктов и образуют обобщенную теоретическую схему электромагнитных взаимодействий, изучаемых в классической электродинамике. Проекция этой схемы на физическую картину мира позволяет определить вектора электрической и магнитной напряженности (E и H) как состояния электромагнитного поля, плотность тока (J) как движение электронов, а систему отсчета как физическое пространство и время. Именно эта совокупность определений образует семантическую интерпретацию уравнений Максвелла, тогда как их эмпирическая интерпретация достигается благодаря операциональным определениям, которые связывают признаки конструктов теоретической схемы с опытом (определение напряженностей поля через отдачу пробного заряда и пробного магнита, определение системы отсчета через ее сопоставление часам и линейкам физической лаборатории и т.д.).

При анализе типов теоретических схем, включаемых в состав развитой теории, была обнаружена их иерархическая соподчиненность. Выводимые из фундаментальных законов тео-

рии их теоретические следствия (законы более специального характера) получают интерпретацию на системе особых конструктов, которые образуют частные теоретические схемы, подчиненные фундаментальной, но вместе с тем имеющие относительно автономный статус. В механике — это теоретические модели колебания, движения тела в поле центральных сил, соударения упругих тел и т.д. В классической электродинамике — это теоретические схемы электростатики, магнитостатики, электромагнитной индукции и т.д.

В этой связи возникал вопрос о роли теоретических схем в дедуктивном развертывании теории. Ответ не него привел к радикальному пересмотру представлений о теории как гипотетико-дедуктивной системе. И здесь важным импульсом вновь послужили идеи В.А.Смирнова о генетически-конструктивном методе построения теории.

В отличие от аксиоматического метода, при котором «за исходное берут некоторую систему высказываний, описывающих некоторую область объектов, и систему логических действий над высказываниями, генетический метод предполагает оперирование непосредственно абстрактными объектами, когда процесс рассуждения осуществляется в форме мысленного эксперимента над этими объектами¹.

Анализ физических теорий под этим углом зрения обнаружил, что мысленные эксперименты с абстрактными объектами теоретических схем играют решающую роль в дедуктивном развертывании теории. Например, при выводе из уравнений ньютоновской механики его теоретического следствия — закона малых колебаний, эксплицируют фундаментальную теоретическую схему механики (представление о перемещении материальной точки в пространственно-временной системе отсчета под действием силы). С позиций этой схемы рассматривают особенности колебательных движений, обнаруживаемые в реальном опыте. Исходя из этих особенностей, вводят в фундаментальную теоретическую схему ряд содержательных допущений: конкретизируют вид силы, представляя ее как квазиупругую силу, периодически возвращающую материальную точку в положение равновесия; выбирают систему отсчета, в которой движение материальной точки предстает как ее периодическое отклонение и возвращение к положению равновесия. В результате из фундаментальной теорети-

ческой схемы получают ее дочернее образование – частную теоретическую схему, которая представляет собой модель малых колебаний – осциллятор. К ней прилагают уравнения движения, выражающие второй закон Ньютона. Исходя из особенностей модели, подставляют в уравнение $F = mx''$ выражение для квазиупругой силы $F = -kx$ и получают уравнение малых колебаний $mx'' + kx = 0$.

Неформальный характер этих процедур превращает вывод каждого теоретического следствия из фундаментальных законов в особую теоретическую задачу, и тогда дедуктивное развертывание теории предстает как процесс решения теоретических задач.

Обнаружив эти особенности функционирования теорий в опытных науках, я соотнес их с известными идеями Т.Куна в книге «Структура научных революций», где утверждалось, что теория включает в свой состав парадигмальные образцы решения задач, в соответствии с которыми решаются другие задачи. Т.Кун не определил в форме методологического описания, в чем заключается структура образцов и процедуры их применения. Он только указал через ряд экземплификаций на сами эти образцы и обозначил роль аналогий в их функционировании.

Выявление теоретических схем и применение идей генетически конструктивного подхода позволило сделать следующий шаг – представить парадигмальные образцы как способ редукции фундаментальной теоретической схемы к частным. На этом пути открывалась возможность решить и проблему генезиса образцов, которая по существу была поставлена Т.Куном, но не нашла своего решения в западной философии науки.

Ключ к ее решению заключался в исследовании того, как создаются фундаментальные теоретические схемы, составляющие ядро развитой научной теории.

Проблема генезиса парадигмальных образцов

Чтобы охарактеризовать основные операции их построения, я использую осуществленную мной еще в начале 70-х годов совместно с Л.М.Томильчиком реконструкцию истории класси-

ческой электродинамики. Несколько позднее я уточнил ряд деталей этой реконструкции при подготовке своей книги «Становление научной теории» (1976). На этом этапе, опираясь на уже полученные основные результаты проделанной реконструкции, я предложил решение проблемы парадигмальных образцов. Они предстали в качестве закономерного итога построения фундаментальной теоретической схемы, лежащей в основании развитой теории.

Чтобы конкретно описать, как протекает этот процесс, я воспроизведу в основных чертах логику становления классической теории электромагнитного поля.

Как известно, главная задача, которую решал Максвелл в период создания своей теории и которая была выдвинута всем предшествующим ходом развития науки, сводилась к поискам единого способа описания и объяснения различных аспектов электричества и магнетизма.

К этому времени отдельные стороны электромагнитных взаимодействий были достаточно хорошо изучены и отражены в целом наборе относительно самостоятельных систем теоретического знания. К ним относились теоретические модели и соответствующие законы электростатики (закон Кулона, закон Фарадея для электростатической индукции), магнитостатики и взаимодействия стационарных токов (закон Био-Савара, закон Кулона для магнитных полюсов, закон Ампера), электромагнитной индукции (законы Фарадея) постоянного тока (законы Ома, Джоуля – Ленца и т.д.). Эти знания играли роль своеобразного исходного материала, на которой опирался Максвелл при создании теории электромагнитного поля (см. рис. 1).

По отношению к основаниям будущей теории электромагнитного поля это были частные теоретические схемы и частные теоретические законы.

Основная проблема заключалась в сведении всей этой совокупности законов к некоторым обобщающим выражениям, из которых можно было бы выводить уже имеющиеся знания в качестве следствий.

По отношению к основаниям будущей теории электромагнитного поля это были частные теоретические схемы и частные теоретические законы.

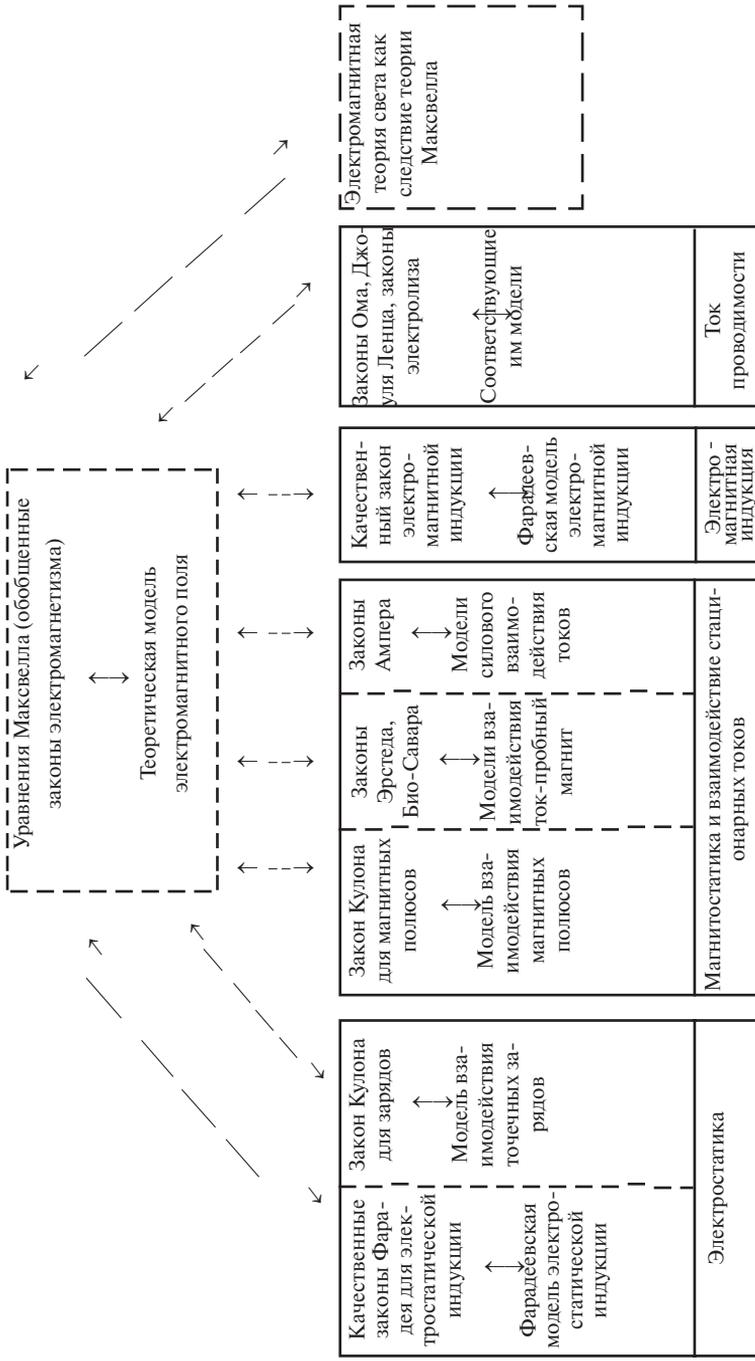


Рис. 1.

Исходную программу теоретического синтеза задавали принятые исследователем идеалы познания и картина мира, которая определяла постановку задач и выбор средств их решения.

В процессе создания максвелловской электродинамики творческий поиск целенаправлялся, с одной стороны, сложившиеся в науке идеалы и нормы, которым должна была удовлетворять создаваемая теория (идеал объяснения различных явлений с помощью небольшого числа фундаментальных законов, идеал организации теории как дедуктивной системы, в которой законы формулируются на языке математики), а с другой стороны, принятая Максвеллом фарадеевская картина физической реальности, которая задавала единую точку зрения на весьма разнородный теоретический материал, подлежащий синтезу и обобщению. Эта картина ставила задачу — объяснить все явления электричества и магнетизма как передачу электрических и магнитных сил от точки к точке в соответствии с принципом близкодействия.

Вместе с постановкой основной задачи она очерчивала круг теоретических средств, обеспечивающих решение задачи. Такими средствами послужили аналоговые модели и математические структуры механики сплошных сред. Фарадеевская картина мира обнаруживала сходство между передачей сил в качественно различных типах физических процессов (механических и электромагнитных) и тем самым создавала основу для переброски соответствующих математических структур из механики сплошных сред в электродинамику. Показательно, что альтернативное максвелловскому направление исследований, связанное с именами Ампера и Вебера, исходило из иной картины мира при поиске обобщающей теории электромагнетизма. В соответствии с этой картиной, с которой предполагалась мгновенная передача сил по прямой (дальнодействие), использовались иные средства построения теории (аналоговые модели и математические структуры заимствовались из ньютоновской механики материальных точек).

Синтез, предпринятый Максвеллом, был основан на использовании известной операции применения аналоговых моделей. Эти модели заимствовались из механики сплошных сред и служили средством для переноса соответствующих гидродинамических уравнений в создаваемую теорию элект-

ромагнитного поля. Применение аналогий является универсальной операцией построения новой теории. Научные теории не являются изолированными друг от друга, они развиваются как система, где одни теории поставляют для других строительный материал.

Аналоговые модели, которые использовал Максвелл — трубки тока несжимаемой жидкости, вихри в упругой среде, — были теоретическими схемами механики сплошных сред. Когда связанные с ними уравнения транслировались в электродинамику, механические величины замещались в уравнениях новыми величинами. Такое замещение было возможным благодаря подстановке в аналоговую модель вместо абстрактных объектов механики новых объектов — силовых линий, зарядов, дифференциально малых элементов тока и т.д. Эти объекты Максвелл заимствовал из теоретических схем Кулона, Фарадея, Ампера, схем, которые он обобщал в создаваемой им новой теории. Подстановка в аналоговую модель новых абстрактных объектов не всегда осознается исследователем, но она осуществляется обязательно. Без этого уравнения не будут иметь нового физического смысла, и их нельзя применять в новой области.

Эта подстановка означает, что абстрактные объекты, транслированные из одной системы знаний (в нашем примере из системы знаний об электричестве и магнетизме) соединяются с новой структурой («сеткой отношений»), заимствованной из другой системы знаний (в данном случае из механики сплошных сред). В результате такого соединения происходит трансформация аналоговой модели. Она превращается в теоретическую схему новой области явлений, схему на первых порах гипотетическую, требующую своего конструктивного обоснования.

Движение от картины мира к аналоговой модели и от нее к гипотетической схеме исследуемой области взаимодействий составляет своеобразную рациональную канву процесса выдвижения гипотезы.

Важно подчеркнуть, что соединение абстрактных объектов, почерпнутых из одной области знания, со структурой («сеткой отношений»), заимствованной в другой области знания, приводит к тому, что в новой системе отношений абстрактные объекты наделяются новыми признаками. Это эквивалентно появлению в гипотетической модели нового содержания, которое мо-

жет соответствовать еще не исследованным связям и отношениям предметной области, для описания и объяснения которой предназначена выдвигаемая гипотеза.

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 производится путем введения абстрактных объектов в качестве идеализаций, опирающихся на новый опыт. Признаки абстрактных объектов, гипотетически введенные «сверху» по отношению к экспериментам новой 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 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, обеспечивающие эмпирическую интерпретацию ее математического аппарата.

В процессе создания теории электромагнитного поля эти особенности формирования новых теоретических смыслов проявились уже на самых первых этапах максвелловского исследования. Максвелл начал теоретический синтез с поиска обоб-

шающих законов электростатики. Для этой цели он использовал гидродинамическую аналогию трубок тока идеальной, несжимаемой жидкости. Заместив эти трубки электрическими силовыми линиями, он сконструировал гипотетическую схему электростатических взаимодействий, а уравнения Эйлера представил как описание поведения электрических силовых линий. При подстановке абстрактных объектов, заимствованных из фарадеевой модели электростатической индукции, в аналоговую модель эти объекты (силовые линии) погружались в новую сеть связей, благодаря чему наделялись новыми признаками – электрические силовые линии предстали как оторванные от порождающих их зарядов. Потенциально здесь содержалось новое, хотя на первых порах и гипотетическое, представление об электрическом поле (вводилась идеализация поля, существующего относительно независимо от порождающих его зарядов).

Представление о самостоятельном бытии электрических силовых линий могло превратиться из гипотезы в теоретическое утверждение только в случае, если новый признак силовых линий получил бы конструктивное обоснование. Доказательство правомерности этого признака в принципе было несложным делом, если учесть возможность следующего мысленного эксперимента с фарадеевской схемой электростатической индукции. В этой схеме силовые линии изображались как возникающие в идеализированном диэлектрике, ограниченном идеальными заряженными пластинами, и зависели от величины заряда на пластинах (идеальный конденсатор). Мысленное варьирование зарядов на обкладке идеального конденсатора и констатация того факта, что вместе с этим то убывает, то прибывает электрическая энергия в диэлектрике, позволяли совершить предельный переход к случаю, когда вся электрическая энергия сосредоточена в диэлектрике. Это соответствовало представлению о наборе силовых линий, существующих и тогда, когда устранены порождающие их заряды. Теперь уже силовые линии, «оторванные» от зарядов, оказались идеализацией, опирающейся на реальный опыт.

Это новое содержание теоретической схемы было объективировано благодаря ее отображению на картину исследуемой реальности, предложенную Фарадеем и принятую Максвеллом. В эту картину вошло представление об электри-

ческом поле как особой самостоятельной субстанции, которая имеет тот же статус объективного существования, что и заряженные тела. Впоследствии эта идея самостоятельного, не привязанного к зарядам, бытия электрического поля помогла Максвеллу в интерпретации завершающих уравнений, когда возникло представление о распространении электромагнитных волн.

Взаимодействие операций выдвижения гипотезы и ее конструктивного обоснования является тем ключевым моментом, который позволяет получить ответ на вопрос о путях появления в составе теории парадигмальных образцов решения задач.

Поставив проблему образцов, западная философия науки не смогла найти соответствующих средств ее решения, поскольку не выявила и не проанализировала даже в первом приближении процедуры конструктивного обоснования гипотез.

При обсуждении проблемы образцов Т.Кун и его последователи акцентируют внимание только на одной стороне вопроса — роли аналогий как основы решения 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, полагал, что в деятельности научного сообщества эти правила не играют столь важной роли, которую им традиционно приписывают методологи. Он специально подчеркивал, 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 аналогии².

Поскольку конструктивное обоснование теоретических схем как раз и обеспечивает появление в теории правил соответствия, определяя их содержание и смысл, то неудивительными становятся затруднения Куна в определении путей формирования и функций этих правил.

Характерно, что Т. Кун при обсуждении проблемы образцов ссылается на историю максвелловской электродинамики. Анализируя ее только в плане применения аналоговых моделей, он полагает, что основные результаты максвелловского исследования были получены без какого-либо конструирования правил соответствия³. Но этот вывод весьма далек от реальных фактов истории науки.

В процессе становления математического аппарата теории электромагнитного поля движение в математических средствах, перебрасываемых с помощью аналогий из механики сплошных сред в новую область, постоянно корректировалось движением в сфере абстрактных объектов, образующих теоретические схемы электродинамики. Причем реальный исторический материал содержит прямые свидетельства неразрывности обоих типов познавательных операций.

В этом отношении чрезвычайно показательным, что, когда Максвеллу не удавалось выделить в гипотетических вариантах теоретических схем их конструктивного содержания, сразу же приостанавливалось продвижение к математическому аппарату электродинамики.

В свое время, осуществляя совместно с Л. М. Томильчиком реконструкцию истории классической электродинамики, мы с удивлением обнаружили, что из поля зрения историков науки, даже тех, кто специально занимался анализом максвелловского открытия, выпал следующий чрезвычайно важный факт. Оказывается, Максвелл, уже достаточно далеко продвинувшись в построении математического аппарата теории, столкнулся с непреодолимыми трудностями именно в том пункте, где, казалось бы, была найдена наиболее адекватная математическая форма законов электродинамики. Это произошло на том этапе теоретического синтеза, когда был получен обобщенный закон электростатики⁴ $\operatorname{div} \mathbf{D} = 4\pi\rho$, введено уравнение $\operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{4\pi}{c} \mathbf{j}$, обобщающее законы Ампера, Био-Савара и закон Кулона для магнитных полюсов⁵, и, наконец, было предложено выражение $\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$, на базе которого Максвелл пытался получить математический закон электромагнитной индукции⁶. Если смотреть ретроспективно, то Максвелл, в сущности, уже «держал в руках» математическую схему электродинамики, причем в виде, весьма близком к ее современной формулировке (электромагнитные взаимодействия были представлены как отношение между электрическими, магнитными полями и то

ками; само же отношение «ток-поле» было задано в энергетической форме, посредством введения вектора-потенциала, что, как известно, соответствует современной, лагранжевой формулировке теории).

Однако именно в этом, казалось бы наиболее перспективном пункте Максвелл полностью отказался от дальнейшего развития полученного им формализма и, по существу, начал строить математический аппарат теории заново.

Этот факт, совершенно необъяснимый в рамках традиционных представлений о методах максвелловского исследования (разделяемых и Т.Куном), может быть понят, если учесть связь между развитием формализма теории и процедурами конструктивного обоснования теоретических схем.

Максвелл подошел к обобщающей формулировке законов электромагнетизма, опираясь на концепцию стационарных силовых линий и моделируя их посредством представления о трубках равномерно текущей несжимаемой жидкости. Используя эту аналогию (которая оказалась плодотворной в поиске обобщающих законов электростатики, магнитостатики и магнитного действия токов), он попытался ассимилировать также и фарадеевские представления об электромагнитной индукции.

Однако именно здесь и возникли решающие трудности. Причина заключалась в том, что аналоговая модель принципиально могла представить в познании только стационарную (постоянную во времени) магнитную силовую линию, тогда как для объяснения электромагнитной индукции существенно важно было учесть переменный характер магнитного поля (изменение во времени потока магнитных силовых линий, пересекающих проводящее вещество). Именно поэтому в модели трубки тока стационарно текущей несжимаемой жидкости было невозможно представить существенные особенности электромагнитной индукции, не разрушая того содержания, которое выражало особенности процессов электро- и магнитостатики и взаимодействия стационарных токов. Несмотря на то, что посредством указанной модели были введены выражения $\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}$ и $\mathbf{B} = \text{rot } \mathbf{A}$, из которых легко можно было бы получить уравнение для электромагнитной индукции, отсутствие в гипотетической модели конструктивного содержания сразу же сказалось на свойствах вводимых уравнений. Их чисто формальные характеристики, как выяснилось позднее, были вполне пригодны для описания электромагнитной индукции. Однако был

совершенно неясен физический смысл величин, которые фигурировали в уравнениях, поскольку невозможно было установить рецепты их связи с опытом. Поэтому Максвелл вынужден был оставить этот, сам по себе весьма перспективный формализм и всю работу, связанную с построением единой теории электромагнетизма, начать почти заново.

Он отказался от первоначальных попыток синтезировать знания об электромагнитных взаимодействиях на базе представлений о стационарных электрических и магнитных полях и обратился к идее нестационарных силовых линий. Под этим новым углом зрения он стал рассматривать прежний теоретический и эмпирический материал.

Представление о переменных полях Максвелл ввел с помощью известной модели вихря в несжимаемой жидкости⁷. В этой модели вихрь репрезентировал магнитную силу в точке, набор же вихрей моделировал магнитную силовую линию. Опираясь на этот аналог, Максвелл выявил конструктивное содержание, соответствующее обобщенной теоретической схеме магнитостатики и взаимодействия стационарных токов, а из обобщающего уравнения, полученного на базе «модели вихря», вывел как частный случай законы Ампера, Кулона и Био-Савара.

На первый взгляд может показаться, что Максвелл не получил ничего нового, поскольку уравнение, обобщающее законы Ампера, Кулона и Био-Савара, уже было получено им на предыдущих этапах теоретического синтеза. Однако, если обратить внимание на физический смысл такого уравнения, то ситуация предстает в ином свете. Раньше, записывая выражение для общих законов магнитостатики и взаимодействия стационарных токов, Максвелл принимал стационарное магнитное поле за основной объект, по отношению к которому переменное поле выступало в виде своего рода вырожденного случая. В новом же варианте, отказавшись от стационарной силовой линии как исходного объекта своих аналогий, Максвелл оборачивает отношения. Теперь уже стационарное магнитное поле может быть, в принципе, выражено через переменное⁸.

Дальнейшее познавательное движение было связано с процессом обобщения в терминах токов и нестационарных силовых линий знаний об электромагнитной индукции, постоянном токе и электростатических взаимодействиях.

Используя аналоговые модели, Максвелл получал обобщающие уравнения вначале для некоторого отдельного блока знаний. В этом же процессе он формировал обобщающую гипотетическую модель, которая должна была обеспечить интерпретацию уравнений и ассимилировать теоретические схемы соответствующего блока знаний.

После конструктивного обоснования и превращения этой модели в теоретическую схему Максвелл подключал к обобщению новый блок знаний. Он использовал уже примененную ранее гидродинамическую или механическую аналогию, но усложнял и модернизировал ее так, чтобы обеспечить ассимиляцию нового физического материала. После этого уже известная нам процедура обоснования повторялась: внутри новой аналоговой модели выявлялось конструктивное содержание, что было эквивалентно экспликации новой обобщающей теоретической схемы. Доказывалось, что с помощью этой схемы ассимилируются частные теоретические модели нового блока, а из нового обобщающего уравнения выводятся соответствующие частные теоретические законы. Но и на этом обоснование не заканчивалось.

Исследователю нужно было еще убедиться, что он не разрушил при новом обобщении прежнего конструктивного содержания. Для этого Максвелл заново выводил из полученных обобщающих уравнений все частные законы ранее синтезированных блоков. Показательно, что в процессе такого вывода осуществлялась редукция каждой новой обобщающей теоретической схемы к частным теоретическим схемам, эквивалентным ранее ассимилированным.

Таким путем, в процессе построения все более полной и богатой физическим содержанием теоретической схемы электромагнитных взаимодействий постепенно формировался понятийный каркас максвелловской электродинамики, который обеспечивал интерпретацию ее математического аппарата. В этом процессе происходило обогащение содержания ранее сложившихся понятий физики и вырабатывались новые понятия (например, переход к рассмотрению силовых линий в точке привел к появлению понятий «электрическая» и «магнитная» напряженности в точке). Причем в формировании понятийного аппарата максвелловской теории важную роль играли не только операции конструктивного обоснования теоретической схемы, но и процедура постоянного ее соотнесения с физической карти-

ной мира. Последнее приводило к уточнению наиболее общих представлений о структуре электромагнитных взаимодействий и обеспечивало развитие самых фундаментальных понятий электродинамики. Так, например, переход к анализу электрических и магнитных силовых линий, как «выстраивающихся» во времени от одной пространственной точки к другой, сформировал в физической картине мира представление об электрических и магнитных полях, распространяющихся в пространстве с конечной скоростью. Тем самым закладывался фундамент для последующей выработки основного понятия электродинамики — понятия электромагнитного поля.

На заключительной стадии теоретического синтеза, когда были получены основные уравнения теории и завершено формирование фундаментальной теоретической модели, исследователь произвел последнее доказательство правомерности вводимых уравнений и их интерпретаций: на основе фундаментальной теоретической схемы он сконструировал соответствующие частные теоретические схемы, а из основных уравнений получил в новой форме все обобщенные в них частные теоретические законы. На этой заключительной стадии формирования максвелловской теории было доказано, что на основе фундаментальной теоретической схемы электромагнитного поля можно получить в качестве частного случая теоретические схемы электростатики, постоянного тока, электромагнитной индукции и т.д., а из обобщающих уравнений электромагнитного поля можно вывести законы Кулона, Ампера, Био-Савара, законы электростатической и электромагнитной индукции, открытые Фарадеем, и т.д.

Эта заключительная стадия одновременно предстает как изложение «готовой» теории. Процесс ее становления воспроизводится теперь в обратном порядке в форме развертывания теории, вывода из основных уравнений соответствующих теоретических следствий. Каждый такой вывод может быть расценен как изложение некоторого способа и результата решения теоретических задач.

Содержательные операции построения теоретических схем, выступающие необходимым аспектом обоснования теории, теперь приобретают новую функцию — они становятся образцами операций, ориентируясь на которые исследователь может ре-

шать новые теоретические задачи. Таким образом, образцы решения задач автоматически включаются в теорию в процессе ее генезиса.

После того как теория построена, ее дальнейшая судьба связана с ее развитием в процессе расширения области приложения теории.

Этот процесс функционирования теории неизбежно приводит к формированию в ней новых образцов решения задач. Они включаются в состав теории наряду с теми, которые были введены в процессе ее становления. Первичные образцы с развитием научных знаний и изменением прежней формы теории также видоизменяются, но в видоизмененной форме они, как правило, сохраняются во всех дальнейших изложениях теории. Даже самая современная формулировка классической электродинамики демонстрирует приемы применения уравнений Максвелла к конкретным физическим ситуациям на примере вывода из этих уравнений законов Кулона, Био-Савара, Фарадея. Теория как бы хранит в себе следы своей прошлой истории, воспроизводя в качестве типовых задач и приемов их решения основные особенности процесса своего формирования.

-
- ¹ *Смирнов В.А.* Генетический метод построения научной теории // *Философские вопросы современной формальной логики.* М., 1962. С. 269.
 - ² См.: *Kuhn T.* *Secound Thoughts on Paradigms // The Structure of Scientific Theories.* Urbana, 1974. P. 459-482.
 - ³ См.: *Kuhn T.* *Secound Thoughts on Paradigms.*
 - ⁴ Здесь и далее найденные Максвеллом выражения для законов электромагнетизма даются в современной форме их записи.
 - ⁵ *Максвелл Д.К.* Избр. соч. по теории электромагнитного поля. М., 1954. С. 48.
 - ⁶ Там же. С. 78-80.
 - ⁷ Там же. С. 107-108.
 - ⁸ Там же.